ISSN 2010-6262

O‘ZBEKISTON TO‘QIMACHILIK JURNALI

Certificate

3
2026

Ilmiy-texnikaviy jurnal

2002 yildan nashr etiladi

yiliga 4 marta chop etiladi

Bosh muharrir:
D.Vaxabov
Bosh muharrir o‘rinbosari:
N.B.Mirzayev
Mas’ul kotib:
K.R.Avazov
Tahririyat hay’ati:
H.Alimova
A.P.Parpiyev
A.E.Gulamov
Q.Jumaniyazov
X.H.Kamilova
B.M.Mardonov
A.Z.Mamatov
I.A.Nabieva
A.K.Usmankulov
A.D.Daminov
O.A.Axunbabayev
A.S.Rafikov
D.M.Muhamedova
S.Sh.Tashpulatov
P.N.Rudovskiy (Rossiya)
R.O.Jilisbaeva (Qozog‘ iston)
F.U.Nigmatova
M.M.Muqimov
I.G.Shin
HuWeilin (Xitoy)
Wang Hua (Xitoy)
Sh.R.Umarov
N.R.Xanxadjaeva
A.F.Plexanov (Rossiya)
I.V.Cherunova (Rossiya)
V.V.Kostileva (Rossiya)
Y.I.Bitus (Rossiya)
Li Minxi (Korea)
A.V.Safonov (Russia)
Dayva Sajek (Litva)
T.J.Qodirov
Sh.Sh.Xakimov
X.A.Babaxanova
R.A.Isayev
U.M.Maksudova

Tahririyat manzili:
100100, Toshkent sh., Shohjahon ko‘chasi, 5
Tel: (71) 253-06-06, **(**71) 253-19-59.
www.tju.uzsci.uz
e-mail:
textilejournalofuzbekistan@bk.ru

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman qayta chop etilishi mumkin emas.
Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarining mualliflari va reklama beruvchilar mas’uldirlar

MUNDARIJA

TO‘QIMACHILIK XOMASHYOLARI TEXNOLOGIYALARI

SH.SH.Xakimov, A.A.Ismailov 4
Takomillashtirilgan quritish uskunasining tadqiqi
A.A.Ismailov 10
Takomillashtirilgan tola tozalash uskunasining tadqiqi
Sabirov.N.X, O‘rinboyev.I.U 18
To‘qimachilik matolarining oqliligini va namligini nazorat qilish tizimi
Sabirov.N.X, O‘rinboyev.I.U, Kurbonova D.D. 26
To‘qimachilik matolarining oqliligini va namligini nazorat qilish uchun ko‘p omilli matematik modellashtirish tizimi
Z.E.Iskandarov, T.H.Avezov 35
Murakkab dinamik obyektlarda noaniqliklarni anfis asosida identifikatsiyalash va adaptiv kompensatsiyalash
I.X. Siddikov, G.R. Alimova, U.O. Xo‘janazarov, M.M. Usanov 45
Jinlash mashinasini noravshan rostlash tizimini sintezlash algoritmi
M.E.Ruzmetov, Sh.Sh.Hakimov 51
Paxta modulidan qoziqli barabanlar yordamida xomashyoni titish ajratish jarayonini nazariy tahlili
M.E.Ruzmetov, T.O.Tuychiyev 60
G‘aramdan quyi va yuqori chegaralari bo‘yicha harakatda bo‘lgan paxta qatlamini ajratish jarayonini tahlil qilish
J.Y.Shoymatov, B.E.Qarshiyev, K.Y.Abdullayev, Sh.Y.Abdullayev 68
Chigitdan momiq ajratuvchi texnika va texnologiyalar tahlili
B.F.Choriyev, SH.Y.Abdullayev 73
Havo oqimidan paxta xomashyosini samarali ajratib oluvchi separatorlar turlari va ularning tahlili
I.B Mardonov, A.P Parpiyev, X.A Gatayev, I.R.Shamsiyev, K.E.Shernazarov. 78
Qoziqchali-plankali baraban, paxta va to‘rli yuza o‘zaro ta’sirlashuvini tahlili
I.B.Mardonov, A.P.Parpiev, Kh.I.Ibrogimov, D.A.Saidov, S.M.Abdulloev 84
Paxta tolasini titish-tozalash agregati mashinalarida tozalash samaradorligini tadqiq qilish
A.P Parpiyev, A.K.Usmankulov, F.S Sadikov, I.B.Mardonov 91
Paxtani tabiiy nuqsonlardan tozalash variantlari tahlili

TO‘QIMACHILIK MATERIALLARI TEXNOLOGIYALARI

M.Abdurakhimova, M.Kulmetov, A.Gulamov 97
Kompression futer trikotaj sifat ko'rsatkichlarini kompleks baholash.
M.M.Abduraximova, M.K.Kulmetov, O.S.Valiyeva, T.A.Toirova 108
Kompression trikotaj uchun xususiyatlar daraxti
N.F.Muxtorova, R.B.Yermatov, N.R.Xanxadjaeva 116
Kosmetologik xirurgiya niqoblari turlari va texnologiyasi
R.B.Yermatov, N.F.Muxtorova, A.S.Mirzaxmedov, F.F.Mamashoyev, N.R.Xanxadjaeva 126
Kompression mahsulot bosimini o‘lchash usullari
M.F. Axmedova, D.H. Ubaydullayeva, G.Q. Norboyayeva, F.F. Umirov 137
Trikotaj matolarining ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlashda pulsator qurilmasining texnik imkoniyatlarini baholash
A.Sh.Adilova 143
Tolali-dispers sanoat zarrachalarining tasnifi va aerodinamik xususiyatlarining nazariy tahlili
Q. Jumaniyazov., L. Djunayeva., B. Rasulmuxamedova., B. Mannopov. 153
O‘zbekistonda paxta tolasiga mansub standartlarini xalqaro talablari bilan uyg‘unlashtirish istiqbollari
N.B.Esanova 159
Issiq havo bilan dastlabki ishlov berilgan xitoy duragay pillalarining mikrostrukturaviy tahlili
N.M.Musayev 165
Paxta va yigirilgan ipak iplarining sifat ko‘rsatkichlarini baholash asosida trikotaj ishlab chiqarishning texnologik barqarorligini ta‘minlash
A.Abdusattarov, Y.V.Vasilyevich, A.D.Daminov, Y.O.Matnazarov 173
Kompozit to‘qimachilik matolarining parametrlarini aniqlash va bashorat qilish usullarini ishlab chiqish
U.N.Yusupaliyeva, N.A.Sadikova, N.N.Yuldashev, M.A.Begmanova 181
Aerodinamik changdan tozalash mashinasining texnik parametrlarining yigirilgan ipning sifat ko‘rsatkichlariga ta’sirini tadqiq etish
J.S.Arabov, S.L.Matismailov, J.J.Ergashova 186
Poliester tolalarining elektrostatik xossalarini yaxshilash va strukturaviy o‘zgarishlarini tahlil qilish

TIKUVCHILIK SANOATI TEXNOLOGIYASI VA DIZAYNI

X.X.Kamilova, N.A.Xankeldiyeva 192
Qorako‘l mo‘ynasini fizik-mexanik xossalarini hisobga olgan holda shakllantirish usullarining tahlili
D.R.Sattarova, U.A.Vaxidova 200
Homilador ayollar uchun qishki ustki kiyimlarni loyihalashda iste’molchi talablarini tadqiq etish

CHARM VA POYABZAL SANOATI TEXNOLOGIYALARI

X.X. Begaliyev, A.S. Kenjayev, I.N. Ismatullayev, J.F. Ulugmuratov, I.I.Garibyan, prof.T.J. Kodirov, prof. N.B. Mirzayev 209
Organik oshlashning tuyaqush charmi xossalariga taЪsirini o‘rganish
D.O. Abdusamatova, D.B. Sadikova, S.Sh.Alimxanova, A.S. Rafikov, N.B. Mirzayev 215
Qo‘y va tuya juni asosida igna sanchish va kimyoviy usul bilan noto‘qima material olish

KIMYO TEXNOLOGIYA

Z.Sh.Islamova, A.I.Nuritdinov, D.B. Matkarimova, Sh.T. Mamanov 224
Jun tolali matolarni bo‘yash va antibakterial xossa berishning birlashtirilgan usuli
I.A.Nabiyeva, A.A.Abdumajidov, B.J.Xolturayev, A.A.Sarimsaqov, Sh.A.Yo‘ldashov, B.S.Karabayeva, S.R.Raxmonova, M.Mirxolisov, Z.I.Tashiyeva. 232
Rangli tolali chiqindilarni oksidlovchi va qaytaruvchi reagentlar yordamida rangsizlantirish-oqartirish jarayonlari

QOG‘OZ VA MATBAA TEXNOLOGIYALARI

X.A. Babaxanova, N.X. Ataxanova, N.X. Tursunboyeva, H.J. Sadriddinova 244
Makulatura va bazalt tolalari asosidagi qog‘ozning xossalari
N.X. Tursunboyeva, Z.K. Galimova, N.H. Atakhanova 249
Qog'oz yuzasining tekstura xossalari parametrlarini aniqlash

ISSN 2010-6262
ТЕКСТИЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ УЗБЕКИСТАНА

Certificate

3
2026

Научно-технический журнал **Издается с 2002 года** **4 раза в год**

Главный редактор
Д.Вахабов
Заместитель главного редактора
Н.Б.Мирзаев
Ответственный секретарь:
К.Р.Авазов
Редакционная коллегия:
Х.Алимова
А.П.Парпиев
А.Э.Гуламов
К.Жуманиязов
Х.Х.Камилова
Б.М.Мардонов
А.З.Маматов
И.А.Набиева
А.К.Усманкулов
А.Д.Даминов
О.А.Ахунбабаев
А.С.Рафиков
Д.М.Муҳамедова
С.Ш.Ташпулатов
П.Н.Рудовский (Россия)
Р.О.Жилисбаева (Казахстан)
Ф.У.Нигматова
М.М.Мукимов
И.Г.Шин
Ҳу Вэилин (Китай)
Ванг Ҳуа (Китай)
Ш.Р.Умаров
Н.Р.Ханхаджаева
А.Ф.Плеханов (Россия)
И.В.Черунова (Россия)
В.В.Костилева (Россия)
Е.И.Битус (Россия)
Ли Минхи (Корея)
А.В.Сафонов (Россия)
Дайва Сажек (Литва)
Т.Ж.Кодиров
Ш.Ш.Хакимов
Х.А.Бабаханова
Р.А.Исаев
У.М.Максудова

Адрес редакции:
100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5.
Тел: (71)253-06-06, **(**71)253-19-59.
www.tju.uzsci.uz
e-mail:
textilejournalofuzbekistan@bk.ru

Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не могут быть полностью или частично возведены без письменного разрешения редакции. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов материалов. За достоверность сведений, представленных в журнале, ответственность несут авторы статей и рекламодатели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ш.Ш.Хакимов, А.А.Исмаилов 4
Исследование усовершенствованной сушильной установки.

А.А.Исмаилов 10
Исследование усовершенствованной волокноочистительной установки.

Н.Х. Сабиров, И.У. Уринбоев 18
Система контроля белизны и влажности текстильных материалов

Н.Х. Сабиров, И.У. Уринбоев, Д.Д.Курбанова 26
Система многофакторного математического моделирования для контроля белизны и влажности текстильных материалов

З.Э.Искандаров, Т.Х.Авезов 35
Идентификация и адаптивная компенсация неопределённостей в сложных динамических объектах на основе anfis

И.Х. Сиддиков, Г.Р. Алимова, У.О. Хўжаназаров, М.М. Усанов 45
Алгоритм синтеза системы нечеткого регулирования джинирующей машины

М.Э.Рузметов, Ш.Ш.Ҳакимов 51
Теоретический анализ процесса разрыхления и отделения сырья из хлопкового модуля с помощью колковых барабанов

М.Э.Рузметов, Т.О.Туйчиев 60
Анализ процесса отделения движущегося слоя хлопка по нижней и верхней границам бунта

Ж.Й.Шойматов, Б.Э.Қаршиев, К.Й.Абдуллаев, Ш.Й.Абдуллаев 67
Анализ техники и технологий отделения хлопка-волокна от семян

Б.Ф.Чориев, Ш.Й.Абдуллаев 73
Типы и анализ сепараторов для эффективного отделения хлопка-сырца от воздушного потока

И.Б Мардонов, А.П Парпиев, Х.А Гатаев, И.Р.Шамсиев, К.Э.Шерназаров. 78
Анализ взаимодействия колкового-планчатого барабана, хлопка и сетчатой поверхности

И.Б.Мардонов, А.П.Парпиев, К.И.Иброгимов, Д.А.Саидов, С.М.Абдуллоев 84
Исследование эффективности очистки хлопкового волокно на машинах разрыхлительно очистительного агрегата

А.П Парпиев, А.К.Усманкулов, Ф.С Садиков, И.Б.Мардонов 91
Анализ вариантов очистки хлопка-сырца от природных дефектов

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.Абдуракҳимова, М.Кулметов, А.Гуламов 97
Комплексная оценка показателей качества компрессионного футерованного трикотажа.

М.М.Абдурахимова, М.К.Кулметов, О.С.Валиева, Т.А.Тоирова 108
Дерево свойств для компрессионного трикотажа

Н.Ф.Мухторова, Р.Б.Ерматов, Н.Р.Ханхаджаэва 116
Виды и технология косметологических хирургических масок

Р.Б.Эрматов, Н.Ф.Мухторова, А.С.Мирзахмедов, Ф.Ф.Мамашоев, Н.Р.Ханхаджаэва 126
Методы измерения давления компрессионных изделий

М.Ф. Ахмедова, Д.Ҳ. Убайдуллаева, Г.Қ. Норбояева, Ф.Ф. Умиров 137
Оценка технических возможностей пульсатора при определении деформации многоциклового растяжения трикотажных полотен.

А.Ш.Адилова 143
Классификация и теоретический анализ аэродинамических свойств волокнисто-дисперсных промышленных частиц

Қ. Жуманиязов., Л. Джунаева., Б. Расулмухамедова., Б. Маннопов. 153
Перспективы гармонизации стандартов на хлопковое волокно в Узбекистане с международными требованиями.

Н. Б. Эсанова 159
Микроструктурный анализ китайских гибридных коконов, подвергнутых предварительной обработке горячим воздухом

Н.М.Мусаев 165
Обеспечение технологической устойчивости трикотажного производства на основе оценки показателей качества хлопчатобумажной и шелковой пряжи

А.Абдусаттаров, Ю.В.Васильевич, А.Д.Даминов, Ю.О.Матназаров 173
Разработка и совершенствование методов исследования и прогнозирования структурных параметров текстилььных композитных тканей

У.Н.Юсупалиева, Н.А.Садикова, Н.Н.Юлдашев, М.А.Бегманова 181
Исследование влияния технических параметров аэродинамической обеспыливающей машины на показатели качества пряжи

Ж.С.Арабов, С.Л.Матисмаилов, Ж.Ж.Эргашова 186
Улучшение электростатических свойств полиэстерных волокон и анализ их структурных изменений

ТЕХНОЛОГИЯ И ДИЗАЙН ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Х.Ҳ.Камилова, Н.А.Ханкельдиева 192
Анализ методов формования каракулевого меха с учётом его физико-механических свойств

Д.Р.Саттарова, У.А.Вахидова 200
Исследование потребительских требований при проектировании зимней верхней одежды для беременных женщин

ТЕХНОЛОГИЯ ОБУВНОЙ И КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Х.Х. Бегалиев, А.С. Кенжаев, И.Н. Исматуллаев, Ж.Ф. Улугмуратов, И.И.Гарибян, Т.Ж. Кодиров, Н.Б. Мирзаев 209
Исследование влияния органического дубления на свойства кожи страуса

Д.О. Абдусаматова, Д.Б. Садикова, С.Ш.Алимханова, А.С. Рафиков, Н.Б. Мирзаев 215
Получение нетканого материала на основе шерсти овец и верблюдов иглопробивным и химическим методами.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Ш.Исламова, А.И.Нуритдинов, Д.Б. Маткаримова, Ш.Т. Маманов 224
Совмещенный способ крашения и придания антибактериальных свойств шерстяным тканям

И.А.Набиева, А.А.Абдумажидов, Б.Ж.Холтураев, А.А.Саримсақов, Ш.А.Йўлдашов, Б.С.Карабаева, С.Р.Рахмонова, М.Мирхолисов, З.И.Ташиева. 232
Процессы обесцвечивания и отбеливания окрашенных волокнистых отходов с использованием окислительных и восстановительных реагентов

ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И ПЕЧАТИ

Х.А. Бабаханова, Н.Х. Атаханова, Н.Х. Турсунбоева, Н.Ж. Садриддинова 244
Свойства бумаги на основе макулатуры и базальтовых волокон

Н.Х. Турсунбоева, З.К. Галимова, Н.Ҳ. Атакҳанова 249
Определение параметров текстуры поверхности бумаги

ISSN 2010-6262

TEXTILE JOURNAL OF UZBEKISTAN

Certificate

3
2026

Scientific – technical journal

Founded in 2002

Publishing 4 times per year

Editor in chief:
D.Vaxabov
Deputy editor in chief:
N.B.Mirzayev
Executive secretary:
K.R.Avazov
Editorial board:
H.Alimova
A.P.Parpiyev
A.E.Gulamov
Q.Jumaniyazov
X.H.Kamilova
B.M.Mardonov
A.Z.Mamatov
I.A.Nabieva
A.K.Usmankulov
A.D.Daminov
O.A.Axunbabayev
A.S.Rafikov
D.M.Muhamedova
S.Sh.Tashpulatov
P.N.Rudovskiy (Rossiya)
R.O.Jilisbaeva (Qozog‘ iston)
F.U.Nigmatova
M.M.Muqimov
I.G.Shin
HuWeilin (Xitoy)
Wang Hua (Xitoy)
Sh.R.Umarov
N.R.Xanxadjaeva
A.F.Plexanov (Rossiya)
I.V.Cherunova (Rossiya)
V.V.Kostileva (Rossiya)
Y.I.Bitus (Rossiya)
Li Minxi (Korea)
A.V.Safonov (Russia)
Dayva Sajek (Litva)
T.J.Qodirov
Sh.Sh.Xakimov
X.A.Babaxanova
R.A.Isayev
U.M.Maksudova

Address:
Street, 5 Shokhjakhon,
Tashkent, 100100
Phone: (71) 253-06-06,
(71) 253-19-59.
www.tju.uzsci.uz
e-mail:

textilejournalofuzbekistan@bk.ru

The materials published in this journal, cannot be full or in part reproduced without the written sanction of edition. The opinion of edition not always coincides with opinion of authors. For reliability of data submitted in journal, the responsibility is carried by articles authors and advertisers

CONTENTS

TECHNOLOGIES OF TEXTILE RAW MATERIALS

SH.SH.Xakimov, A.A.Ismailov
Investigation of an Improved Drying Unit 4
A.A.Ismailov
Investigation of an Improved Fiber-Cleaning Unit 10
N.Kh.Sabirov, I.U.Urinboyev
Textile fabric whiteness and moisture control system 18
N.Kh.Sabirov, I.U.Urinboyev, Kurbonova D.D.
Multi-factor mathematical modeling system for the control of textile fabric whiteness and moisture 26
Z.E.Iskandarov, T.H.Avezov
Anfis-based identification and adaptive compensation of uncertainties in complex dynamic objects 35
I.X. Siddikov, G.R. Alimova, U.O. Xo‘janazarov, M.M. Usanov
Algorithm for Synthesizing a Fuzzy Control System for a Ginning Machine 45
M.E.Ruzmetov, Sh.Sh.Hakimov
Theoretical Analysis of the Process of Loosening and Separating Raw Cotton from a Cotton Module Using Spiked Drums 51
M.E.Ruzmetov, T.O.Tuychiyev
Analysis of the Process of Separating the Moving Cotton Layer Along the Lower and Upper Boundaries of the Cotton Pile 60
J.Y.Shoymatov, B.E.Qarshiyev, K.Y.Abdullayev, Sh.Y.Abdullayev
Analysis of the techniques and technology for separating cotton fiber from seeds 68
B.F.Choriyev, SH.Y.Abdullayev
Types and analysis of separators for the effective separation of raw cotton from an air stream 73
I.B Mardonov, A.P Parpiyev, X.A Gatayev, I.R.Shamsiyev, K.E.Shernazarov.
Analysis of the interaction between the pegged-slatted drum, cotton, and the mesh surface 78
I.B.Mardonov, A.P.Parpiev, Kh.I., Ibrogimov D.A.Saidov, S.M.Abdulloev
Study of the efficiency of cleaning cotton fiber on machines of opening and cleaning unit 84
A.P Parpiyev, A.K.Usmankulov, F.S Sadikov, I.B.Mardonov
Analysis of natural defect removal methods for raw cotton 91

THE TECHNOLOGIES OF TEXTILE MATERIALS

M.Abdurakhimova, M.Kulmetov, A.Gulamov
Complex value of the quality parameters of compression fleecy knitting products 97
M.M.Abduraximova, M.K.Kulmetov, O.S.Valiyeva, T.A.Toirova
Property tree for compression knitted fabrics 108
N.F.Muxtorova, R.B.Yermatov, N.R.Xanxadjaeva
Types and technology of cosmetological surgical masks 116
R.B.Yermatov, N.F. Muxtorova, A.S.Mirzaxmedov, F.F.Mamashoyev, N.R.Xanxadjaeva
Methods for measuring the pressure of compression products 126
M.F. Axmedova, D.H. Ubaydullayeva, G.Q. Norboyayeva, F.F. Umirov
Evaluation of the technical capabilities of a pulsator device in determining the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics. 137
A.Sh.Adilova
Classification and theoretical analysis of the aerodynamic properties of fibrous-dispersed industrial particles 143
Q. Jumaniyazov., L. Djunayeva., B. Rasulmuxamedova., B. Mannopov.
Prospects for Harmonizing Cotton Fiber Standards in Uzbekistan with International Requirements 153
N.B.Esanova
Microstructural analysis of chinese hybrid cocoons subjected to preliminary hot-air treatment 159
N.M.Musayev
Ensuring technological stability of knitted fabric production based on the evaluation of the quality indicators of cotton and spunsilk yarns 165
A.Abdusattarov, Y.V.Vasilyevich, A.D.Daminov, Y.O.Matnazarov
Development of methods for research and forecasting the structural parameters of textile composite tissues 173
U.N.Yusupaliyeva, N.A.Sadikova, N.N.Yuldashev, M.A.Begmanova
Research on the effect of the technical parameters of an aerodynamic dedusting machine on the quality indicators of spun yarn 181
J.S.Arabov, S.L.Matismailov, J.J.Ergashova
Improvement of the electrostatic properties of polyester fibers and analysis of their structural changes 186

TECHNOLOGY AND DESIGN OF THE GARMENT INDUSTRY

X.X.Kamilova, N.A.Xankeldiyeva
Analysis of methods for shaping karakul fur, taking into account its physico-mechanical properties 192
D.R.Sattarova, U.A.Vaxidova
A study of consumer requirements for designing winter outerwear for pregnant women 200

TECHNOLOGIES OF THE SHOE AND LEATHER INDUSTRY

X.X. Begaliyev, A.S. Kenjayev, I.N. Ismatullayev, J.F. Ulugmuratov, I.I.Garibyan, T.J. Kodirov, N.B. Mirzayev
Study of the influence of organic tanning on the properties of ostrich leather 209
D.O. Abdusamatova, D.B. Sadikova, S.Sh.Alimxanova, A.S. Rafikov, N.B. Mirzayev
Production of nonwoven material based on sheep and camel wool using needle-punching and chemical methods. 215

CHEMICAL TECHNOLOGY

Z.Sh.Islamova, A.I.Nuritdinov, D.B. Matkarimova, Sh.T. Mamanov
Simultaneous method of dyeing and antibacterial finishing of wool fabrics 224
I.A.Nabiyeva, A.A.Abdumajidov, B.J.Xolturayev, A.A.Sarimsaqov, Sh.A.Yo‘ldashov, B.S.Karabayeva, S.R.Raxmonova, M.Mirxolisov, Z.I.Tashiyeva.
Decolorization and bleaching of colored fibrous waste using oxidizing and reducing agents 232

PAPER TECHNOLOGY AND PRINTING

X.A. Babaxanova, N.X. Ataxanova, N.X. Tursunboyeva, H.J. Sadriddinova
Properties of paper based on waste paper and basalt fibers 244
N.X. Tursunboyeva, Z.K. Galimova, N.H. Atakhanova
Determination of the Surface Texture Parameters of Paper 249

УДК 677.03

TAKOMILLASHTIRILGAN QURITISH USKUNASINING TADQIQI

SH.SH.Xakimov, A.A.Ismailov

Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Maqolada paxtani quritish jarayonini o‘rganish bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan. Paxtani quritishdagi mavjud texnologik jarayonlar va uskunalarini hozirgi holati, ushbu yo‘nalishda o‘tkazilgan ilmiy tadqiqot ishlarining tahlili mavjud quritish uskunalarining samaradorligi yetarli emasligini hamda issiqlik yo‘qotilishi yuqori darajadaligini ko‘rsatdi. Quritish barabaniga issiqlik uzatish quvuri devorlarini qizdirishga 6047,2 kDj dan 12077,5 kDj gacha bo‘lgan issiqlik sarflansa, baraban yuzasidan yo‘qotilayotgan issiqlik miqdori juda yuqori 196920 kDj/soat dan 388800 kDj/soat gacha tashkil etishi, quritish barabanigacha bo‘lgan jarayonda issiqlikning bir qismi paxtani quritishgacha ishlatilmasdan tashqi muhitga sarf bo‘layotgani issiqlik yo‘qolish ulushi 10% dan 20 % gacha ekanligini, bu esa o‘z navbatida issiqlik miqdorining atigi 30-35 % paxtani quritishga sarflanayotgani, qolgan qismi esa foydalanilmasda tashqi atmosferaga chiqib ketayotganligini ko‘rsatdi. Paxtani quritish jarayonini tahlilih hamda quritish jarayoniga bo‘lgan talabni o‘rganish natijasida yangi resursotejamkor, paxtani quritish jarayonini samaradorligini oshiruvchi quritish uskunasi taklif etilgan bo‘lib, maqolada ushbu uskunaning nazariy tadqiqotlari keltirilgan.*

Kalit so‘zlar: *Quritish uskunasi, paxta, tolali material, namlik olish, temperatura, bug’lanish, namlik, yo‘naltirgich.*

Аннотация. *В статье приведены материалы по исследованию процесса сушки хлопка сырца. Анализ современного состояния существующих технологических процессов и оборудования для сушки хлопка, а также научных исследований, проведённых в данном направлении, показал недостаточную эффективность имеющихся сушильных установок и высокий уровень теплопотерь. Если на нагрев стенок трубы подачи тепла к сушильному барабану расходуется от 6047,2 кДж до 12077,5 кДж, то количество тепла, теряемого с поверхности барабана, составляет очень большую величину от 196920 кДж/ч до 388800 кДж/ч. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что доля теплопотерь на участке до сушильного барабана составляет 10–20% и лишь 30–35% тепловой энергии расходуется непосредственно на сушку хлопка, а остальная часть бесполезно уходит во внешнюю атмосферу. Анализируя процесс сушки хлопка сырца и учитывая требования к процессу сушки, было предложено новая ресурсосберегающая конструкция сушильной установки обеспечивающая повышение эффективности сушки волокнистого материала. В статье приведены результаты теоретических исследований усовершенствованной сушильной установки.*

Ключевые слова*. Сушильная установка, хлопок сырец, волокнистый материал, влагоотбор, температура, испарение, влага, направляющая поверхность.*

Abstract. *The article presents research materials on the cotton drying process. An analysis of the current state of existing technological processes and equipment for cotton drying, as well as scientific studies conducted in this field, revealed insufficient efficiency of available drying installations and a high level of heat losses. The heat consumed for heating the walls of the heat supply pipe to the drying drum ranges from 6,047.2 kJ to 12,077.5 kJ, while the amount of heat lost from the surface of the drum is very large, ranging from 196,920 kJ/h to 388,800 kJ/h. This, in turn, indicates that the share of heat losses in the section before the drying drum amounts to 10–20%, and only 30–35% of the thermal energy is directly consumed for drying the cotton, while the remainder is wastefully dissipated into the external atmosphere. By analyzing the raw cotton drying process and taking into account the requirements for the drying process, a new resource-saving drying installation design was proposed, ensuring improved drying efficiency of fibrous material. The article presents the results of theoretical studies of the improved drying installation.*

Keywords. *Drying equipmant, raw cotton, fibrous material, moisture extraction, temperature, evaporation, moisture, guide surface.*

Kirish. Jahon to‘qimachilik sanoatida paxta tolasi ishlatilishi bo‘yicha umumiy tola miqdorining 50-60 foizini tashkil etadi. Paxta to‘qimachilik sanoatini borqaror rivojlanishini ta’minlash uchun barcha paxta yetishtiruvchi davlatlarda paxta tozalash texnika va texnologiyalarini takomillashtirish va energiya-resurstejamkor texnologiya va texnika uskunalarni qo‘llash yetakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida asosiy paxta tolasini yetishtiruvchi davlatlar Xitoy, AQSH, Braziliya, Xindiston, O‘zbekiston, Turkiya, Indoneziya va Avstraliya hisoblanadi. Yetishtirilgan paxta xom ashyosini qayta ishlash jarayonini sifatli amalga oshirishda yangi zamonaviy energiya va resurstejamkor uskunalarni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan paxtani qayta ishlash uchun ish sifatini yuqori hamda energiya-resurstejamkor texnika va texnologiyalardan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda paxtani dastlabki ishlash texnika, texnologiyasi va ularning ilmiy asoslarini takomillashtirish bo‘yicha resurstejamkor texnologiyalar va texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

O‘zbekiston Respublikasining mustaqillikka erishishi va uning jahon bozoriga chiqishi paxta tozalash hamda to‘qimachilik sanoatini rivojlantirishga yangi kuchli turtki berdi. Yangi iqtisodiy munosabatlar paxta xomashyosini qayta ishlash sohasidagi texnologik siyosatni qayta ko‘rib chiqishni talab qildi, samarali texnologiyalarni ishlab chiqish, olinadigan mahsulot sifatini saqlab qolgan holda resurstejamkor texnologiyalar va uskunalarni yaratishga zarurat paydo bo‘ldi [1-3]. Jahonda paxta va paxta sanoati uchun yangi zamonaviy resurstejamkor texnologiya va texnikalar ishlab chiqish, paxtani saqlash, paxtani quritish, tozalash va jinlash jarayonlarini takomillashtirish bo‘yicha jahonning bir qator ilmiy tadqiqot institutlari va kompaniyalari jumladan “Platt Lummus”, “Cotton reseach and devolepment corporation, “Continental Eagle Corporation”, “Continental Murray”, “Moss-Gorden Continental”, “Lummus High Volume Tower”, “National Research Center for cotton processing engeyeniring and technology”, “China Cotton Industries Limited”, “Handan Golden Lion”, “Cotton Research Institute of Nanjing Agricultural University” kabi kompaniyalar keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirimoqda [4-6].Paxta xom ashyosini qayta ishlashda har bir texnologik jarayonni amalga oshirish uchun maxsus uskunalardan foydalaniladi. Paxtani quritish uchun respublikamiz paxta tayyorlash punktlarida paxtani quritish va paxta tozalash korxonalarida qayta ishlash texnologik oqimida uni qisman quritish uchun barabanli quritgichlardan to‘g‘ri oqimli 2SB-10 va SBO quritgichlaridan foydalaniladi [7-9]. SBO quritish barabani uzunligi 10 metr, diametri 3200 mm bo‘lib, yuzasi qalinligi 2 mm bo‘lgan po‘latdan yasalgan. Baraban oxirida tozalash bo‘limiga ega. Tozalangandan keyingi mayda iflosliklarni olib ketish uchun barabanning tozalash bo‘limini pastki qismida ifloslik konveyeri joylashgan. Quritish kamerasi, baraban tozalash bo‘limining to‘rli sirtini tozalash uchun metall cho‘tka bilan ta’minlangan. Quritgich ichida balandligi 0,5 m dan bo‘lgan 12 ta baraban uzunligi bo‘yicha yo‘naltirilgan kurakchalar mavjud.

2SB-10 rusumli barabanli quritgich diametri 3200 mm va uzunligi 10000 mm bo‘lgan metall listdan yasalgan barabandan iborat bo‘lib, uni asosi 2 mm li po‘lat listdan tayyorlanib, maxsus karkasga qotiriladi. Baraban ichida o‘rnatilgan 12 ta kurakcha paxtani ko‘tarish va baraban hajmi bo‘yicha taqsimlash uchun xizmat qiladi. Konvektiv issiqlik almashinuvininig eng yaxshi gidrodinamik sharoitini yaratish hamda konstruksiyaga mustahkamlik berish maqsadida barabanning har bir metriga 250 mm balandlikdagi ko‘ndalang xalqalar o‘rnatilgan.

Barabanda 3 qator quvursimon sterjendan yasalgan va quritish kamerasi bo‘ylab 6000 mm uzunlikdagi paxta xom-ashyosini to‘xtatib qoluvchi panjaralar mavjud. Uning vazifasi - quritish agentini materialga faol ta’sir qiladigan tushish zonasida paxta xom ashyosining bo‘lish vaqtini ko‘paytirishdir [10].

Paxtani quritishdagi mavjud texnologik jarayonlar va uskunalarini hozirgi holati, ushbu yo‘nalishda o‘tkazilgan ilmiy tadqiqot ishlarining tahlili mavjud quritish uskunalarining samaradorligi yetarli emasligini hamda issiqlik yo‘qotilishi yuqori darajadaligini ko‘rsatdi.

Quritish barabaniga issiqlik uzatish quvuri devorlarini qizdirishga 6047,2 kDj dan 12077,5 kDj gacha bo‘lgan issiqlik sarflansa, baraban yuzasidan yo‘qotilayotgan issiqlik miqdori juda yuqori 196920 kDj/soat dan 388800 kDj/soat gacha tashkil etishi, quritish barabanigacha bo‘lgan jarayonda issiqlikning bir qismi paxtani quritishgacha ishlatilmasdan tashqi muhitga sarf bo‘layotgani issiqlik yo‘qolish ulushi 10% dan 20 % gacha ekanligini, bu esa o‘z navbatida issiqlik miqdorining atigi 30-35 % paxtani quritishga sarflanayotgani, qolgan qismi esa foydalanilmasda tashqi atmosferaga chiqib ketayotganligini ko‘rsatdi [11-12].

Hozirgi kunda qabul qilinayotgan paxtaning namlik darajasini hamda mavjud quritish uskunalarida paxtani quritishda issiqlik sarfi yuqorligini hisobga olgan holda, paxtani quritish uchun issiqlik va energiyatejamkor takomillashtirilgan quritish uskunasi yaratildi [13].

Nazariy qism. Takomillashtirilgan quritish uskunasida paxta oqimining harakat tahlili tasmali quritish uskunasida paxta bo‘lakchalarini quritishda paxta xom ashyosi chigitlarida shikastlanish darajasiga ta’sirini o‘rganish muhim ahamiyatga egadir. Tasmali quritish uskunasi paxta xom-ashyosini quritishda tasmaning tezligini oshirish bilan chigitlarning shikastlanishi ham ortishi mumkin, bu esa tolaning sifat ko‘rsatkichlarini tushiradi.

Paxta oqimining qavatlar orasidagi yo‘naltirgichda yoy bo‘ylab harakatini ko‘rib chiqamiz. AB oraliqda egri chiziq bo‘ylab harakat qilayotgan paxta bo‘lakchasining S nuqtadagi tezligini aniqlash uchun kinetik energiyasini o‘zgarishi haqidagi teoremadan foydalanamiz (1-rasm).

Paxta oqimining o‘rnatilgan yo‘naltirgichdagi harakati differensial tenglamasining 1-rasmdagi AB va BC uchastkalarda ifodalaymiz [14]. Paxta bo‘lakchalariga ta’sir qiluvchi tashqi kuchlar

$$m\ddot{S} = k\dot{S}^2 \qquad (1)$$

$$\dot{S}\cdot dS = \frac{d\dot{S}}{dt}\cdot dS = \dot{S}d\dot{S}$$

(1) differensial tenglamani integrallaymiz

$$\frac{\dot{S}\cdot d\dot{S}}{\frac{k}{m}\dot{S}^2} = dS$$

$$\frac{m}{2k}\cdot\ln\left(\frac{k}{m}\cdot\dot{S}^2\right) = L + C_1 \qquad (2)$$

(2) tenglikdan S_1 o‘zgarmas qiymati aniqlashda boshlang‘ich shartdan foydalanamiz:

$$\text{t= 0}\quad \text{S=0}\quad \dot{S}=0 \quad \Rightarrow C_1 = \frac{m}{2k}\cdot\ln\left(\frac{d}{m}\right)$$

Aniqlangan o‘zgarmas qiymati tenglamaga qo‘yamiz.

$$\frac{m}{2k}\ln\left(\frac{k}{m}\dot{S}^2\right) - S + \frac{m}{2k}\cdot\ln\left(\frac{d}{m}\right)$$

$$\dot{S}^2 = \frac{d}{k}\left(e^{\frac{2k}{m}S} - 1\right)$$

chegaraviy shartdan foydalanib, $S=S_1$ $\dot{S} = v_1$

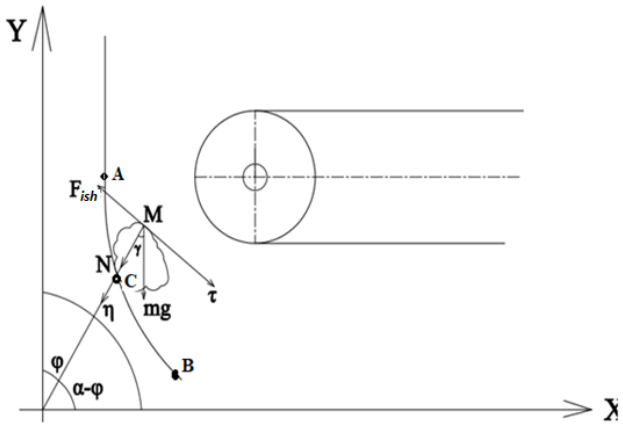
$$v_1 = \sqrt{\frac{d}{k}\left(e^{\frac{2k}{m}S_1} - 1\right)} \qquad (3)$$

yoy bo‘ylab o‘rnatilgan paxta oqimini harakat differensial tenglamasini ifodalaymiz:

$$\begin{cases} m\dfrac{dv_\tau}{dt} = mg\cos\left(\dfrac{\pi}{2}-\gamma\right) - F_{ишк} \\ m\dfrac{v^2}{R} = N + mg\cos\gamma \end{cases} \tag{4}$$

(4)tenglamalardan paxta bo‘lakchalarini yo‘naltirgich yuzasiga normal bosim kuchini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} mR\ddot{\varphi} = mg\sin\gamma - f\cdot N \\ m\dfrac{v^2}{R} = N + mg\cos\gamma \end{cases} \tag{5}$$



1-rasm. Paxta oqimining qavatlar orasidagi yo‘naltirgichda yoy bo‘ylab harakat sxemasi

(5)tenglamadan foydalanib urinma bo‘ylab harakatlanayotgan paxta oqimining urinma tezligini yechimini aniqlaymiz:

$$R\ddot{\varphi} = g\cos(\alpha-\varphi) - \frac{fN}{m} \Big/ \cdot d\varphi$$

$$\ddot{\varphi}d\varphi = \frac{d\dot{\varphi}}{dt}\cdot d\varphi = \dot{\varphi}d\dot{\varphi}$$

bundan,

$$\dot{\varphi}d\dot{\varphi} = \left(\frac{g}{R}\cos(\alpha-\varphi) - \frac{fN}{m}\right)\cdot d\varphi$$

$$\frac{\dot{\varphi}^2}{2} = \frac{g}{R}\sin(\alpha-\varphi) - \frac{fN}{m}\cdot\varphi + C_1 \tag{6}$$

Boshlang‘ich shartdan foydalanib, S_1 o‘zgarmas qiymatini aniqlaymiz:

$$\varphi = 0 \quad \dot{\varphi} = \frac{v_1}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{d}{k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right)}$$

(6) tenglikka qo‘yamiz:

$$\frac{d}{2R^2k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) = \frac{g}{R} + S_1$$

$$C_1 = \frac{d}{2R^2k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) - \frac{g}{R}$$

$$\frac{\dot{\varphi}^2}{2} = \frac{g}{R}\sin(\alpha-\varphi) - \frac{tN}{m}\cdot\varphi + \frac{d}{2R^2k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) - \frac{g}{R}$$

$$v_\tau = R\cdot\dot{\varphi} = \sqrt{2gR\sin(\alpha-\varphi) - 2\cdot\frac{fN}{m}\cdot R^2\varphi + \frac{d}{k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) - 2gR} \qquad (7)$$

(2.3.24)7 tenglama o‘rnatilgan paxta oqimining yoy bo‘ylab urinma tezlikni ifodalaydi.

(2.3.24)7 tenglamadan yoy bo‘ylab normal bosim kuchini aniqlaymiz:

$$N_1 = \frac{m}{R}v^2 - mg\sin(\alpha-\varphi) \qquad (8)$$

(2.3.25)8 tenglamadagi tezligi o‘rniga yo‘naltirgichdagi paxta oqimiga B nuqtadagi tezligini qo‘yib normal bosim kuchini aniqlaymiz:

$$v_B = \sqrt{\frac{d}{k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right)} \qquad (9)$$

Yo‘naltirgichning B nuqtasidagi tezligini a paxta bo‘lakchasining massasiga bog‘liqlik tenglamasini Maple dasturidan foydalanib, grafiklarda tahlil qilingan.

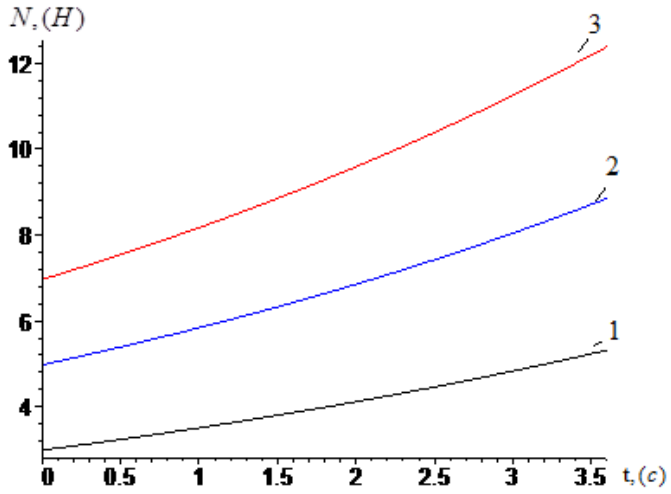
$$N_B = \frac{m}{R}\cdot\frac{d}{k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) - mg\sin\alpha \qquad (10)$$

(2.3.27)10 tenglama BC yoy bo‘ylab paxta oqimining V nuqtadagi bosim kuchini ifodalaydi [15].

Paxta oqimini yoy bo‘ylab harakatidan M nuqtadagi bosim kuchini quyidagicha aniqlanadi:

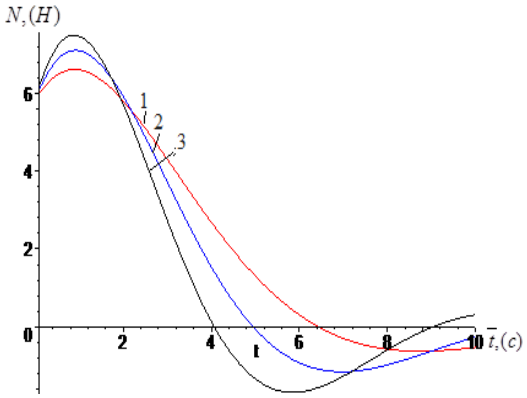
$$N_M = \frac{m}{R}\cdot\left(2gR\sin(\alpha-\varphi) - \frac{fN}{m}R^2\varphi + \frac{d}{k}\left(e^{\frac{2kS_1}{m}} - 1\right) - 2Rg\right) - mg\sin(\alpha-\varphi) \qquad (11)$$

(11) tenglama yoy bo‘ylab o‘rnatilgan yo‘naltirgichdan paxta oqimining bosim kuchini ifodalaydi.



2-rasm. Paxta bo‘lakchasi normal bosim kuchini yoyni og’ish burchagini turli xil $\alpha_1 = 40^0$ $\alpha_2 = 45^0$ $\alpha_3 = 50^0$ qiymatlarida vaqtga bog‘liqlik grafigi

Tadqiqotlar taxlili. 2-rasmda Paxta bo‘lakchasi normal bosim kuchini yoyni og’ish burchagini $\alpha_1 = 40^0$ $\alpha_2 = 45^0$ $\alpha_3 = 50^0$ qiymatlarida nazariy tadqiq asosida ko‘rib chiqilgan.



3-rasm. Paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchining tasma tezligini turli xil $v_1=0.17$ *m/s* $v_2=0.2$ *m/s* $v_3=0.25$ *m/s* qiymatlarida vaqtga bog‘liq grafigi

3-rasmda paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchining tasma tezligini turli xil $v_1=0.17$ *m/s* $v_2=0.2$ *m/s* $v_3=0.25$ *m/s* qiymatlarida vaqtga bog‘liq grafigi keltirilgan bo‘lib, shuni ta’kidlash mumkiki yuqoridagi grafiklar tahlilidan paxta oqimi sarfining tasmadan o‘tishdagi quritish jarayonida tasma tezligiga hamda uning massasiga bog‘liqlik ifodasidan yo‘naltirgich ta’sirida normal bosim kuchini o‘zgarishi paxta oqimini yo‘naltirgich ta’sirida bir oqimda uzatishda tasmaning tezligi $v_1=0.17$ *m/s* bo‘lganda bosim kuchini kamayishi paxta oqimining bir tekisda uzatilishiga olib keladi.

Xulosa. O‘tkzilgan tadqiqotlar natijasida takomillashtirilgan quritish uskunasida paxta oqimining qavatlar orasidagi yo‘naltirgichda yoy bo‘ylab harakatidagi bosim kuchini aniqlash tenglamasi olindi. Paxta bo‘lakchasi normal bosim kuchini yoyni og‘ish burchagini turli xil qiymatlarida vaqtga bog‘liqlik, paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchining paxta sarfini turli xil $Q_1=6$ tonna $Q_2=5$ tonna $Q_3=4$ tonna qiymatlarida vaqtga bog‘liqlik, paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchining tasma tezligini turli xil $v_1=0.17$ *m/s* $v_2=0.2$ *m/s* $v_3=0.25$ *m/s* qiymatlarida vaqtga bog‘liqlik grafiklari olindi. Paxta oqimini yo‘naltirgich ta’sirida bir oqimda uzatishda tasmaning tezligi $v_1=0.17$ *m/s* bo‘lganda bosim kuchini kamayishi paxta oqimining bir tekisda uzatilishiga olib keladi. Qavatlar orasidagi yo‘naltirgich 45^0 qiyalikda o‘rnatilishi maqbulligi aniqlandi.

Reference

1. O‘zbekicton Recpublikaci Prezidentining 2021 yil 16-noyabrdagi “Paxta to‘qimachilik klacterlari faoliyatini tartibga colish chora tadbirlari to‘g‘ricida”gi PQ-16 conli Qarori.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi PF-60 – sonli Farmoni.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 22-iyundagi “Paxta-to‘qimachilik ishlab chiqarishini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi 397-son Qarori.
4. Zikriyoyev E.Z. Paxtani dastlabki qayta ishlash. // Toshkent, “Mehnat”, 2002 y.
5. Shamsiyev. I. Quritish barabanini takomillashtirish asosida paxtani tozalash samaradorligini oshirish**.** Diss. (PhD) Toshkent 2022.
6. Kupalova Y., Usmankulov A. Choosing the optimum regime for drying raw cotton in drum drier. // American Journal of Research. USA/Michigan. 2018 y, №9-10, -P.172-178.
7. Paxtani dastlabki ishlashning muvofiklashtirilgan texnologiyasi. PDI - 70 2017. 2017 y.
8. Parpiev A., Kayumov A. Effect of temperature of steady heating components of cotton-seed at drying process// European science review, -Vienna. -8, 2016, - 205-207.
9. Usmankulov A.K. Sozdaniye visokoproizvoditelnoy xlopkosushilnoy ustanovki i texnologii na osnove intensifikatsii teplo-massoobmennix prosessov. Diss. d.t.n. Tashkent. 2016g.
10. Qarshiyev B.E. Paxtani yangi recurctejamkor quritish texnologiyaci va uckunacini ishlab chiqish. Diss. (PhD) Toshkent 2022.
11. Ismailov A.A., Gatayev X.A., Ismoilov I.D. “Paxta quritishda quritish barabanlarida issiqlik yo‘qolishini tajribaviy tadqiqoti”. Obrazovaniye nauka i innovasionniye idei v mire. Vipusk jurnala №-47 Chast–7. Iyun –2024. http://www.newjournal.org/.

12. I.D.Ismoilov, A.A.Ismailov, B.E.Karshiyev. “Analiz rezultatov proizvodstva sovershenstvovannogo sushilnogo oborudovaniya”. The multidisciplinary journal of scienceand technology. 2024- №4 –R 816-820, ISSN: 2582-4686. (05.00.00; IF: 8.848).
13. Tursunov X.K., Xakimov SH.SH., Ismailov A.A., Ismoilov I.D. “Tolali materialni quritish uskunasi”. “O‘zbekiston to‘qimachiligi” ilmiy texnik jurnal. ISSN 2010-6262. 2025y. 1-son.
14. A. Mamatov., A. Parpiyev. Obobshennoye uravneniye massoperedachi dlya rascheta kinetiki sushki xlopka-sirsa. //DAN RUz. 1992 g. №6. 21-23 s.
15. M.T.Xodjiyev., B.M.Mardonov., F.N.Sirojiddinov. “Paxta sanoati texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish”. Ziyo nashr. Guliston-2023.

УДК 677.03

TAKOMILLASHTIRILGAN TOLA TOZALASH USKUNASINING TADQIQI

A.A.Ismailov
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Tola tozalash jarayoni paxtani dastlabki ishlash texnologik jarayonining yakunlovchi muhim bosqichidir. Uning natijasi tola sifatiga katta ta’sir ko‘rsatadi Maqolada tavsiya etilgan takomillashtirilgan tola tozalagichning asosiy ko‘rsatkichlarini aniqlash maqsadida o‘tkazilgan tajriba sinov natijalari va tahlili keltirilgan. Tajriba natijalarida tola tozalagichning tozalash samaradorligi va chiqindilarni toladorligini ifodalovchi regressiya tenglamalari va tegishli diagrammalar olingan.*

Tozalash samaradorligining regressiya tenglamasini tahlil qilib, shuni ta’kidlash mumkinki, X_1 va X_2 omillari tozalash samaradorligiga bir xil ta’sir qiladi. Shunday qilib, arrali silindr tezligining 1100 ayl/min dan 1500 ayl./min. gacha o‘zgarishi tozalash samaradorligining 10% dan ortiq (abs) oshishiga olib keladi. Diskli tarash qurilmasining tezligi ham katta ta’sir ko‘rsatadi. Arralar orasidagi tirqishning tozalash samaradorligiga ta’siri biroz kamroq, ammo sezilarli darajada bo‘lib, X_1 va X_2 bilan o‘zaro ta’sirda 6,3÷6,6% (abs) oralig‘ida bo‘ladi. Bunda eng yaxshi samara arralar orasidagi tirqish 9 mm bo‘lganda namoyon bo‘ldi. Bu ko‘rsatkichlar chiqindilarning toladorliligiga ham taxminan shunday ta’sir ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *Tola, tola tozalagich, tozalash samaradorligi, chiqindilar toladorligi, regressiya tenglamasi, diagramma.*

Аннотация. *Процесс очистки волокна является завершающим и важным этапом технологии первичной переработки хлопка. От его эффективности зависит качество волокна. В статье приведены материалы по исследованию процесса очистки хлопкового волокна. Получены регрессионные модели и диаграммы характеризующие процесс очистки хлопкового волокна.*

Анализируя регрессионное уравнение эффективности очистки, можно отметить, что факторы X_1 и X_2 оказывают на эффективность очистки одинаковое влияние. Таким образом, изменение скорости пильного цилиндра с 1100 об/мин до 1500 об/мин приводит к увеличению эффективности очистки более чем на 10%. Существенное влияние оказывает также скорость дискового чесального устройства. Влияние зазора между пилами на эффективность очистки несколько меньше, но остаётся заметным и при взаимодействии с X_1 и X_2 составляет 6,3–6,6%. При этом наилучший эффект наблюдался при зазоре между пилами 9 мм. Примерно такое же влияние эти параметры оказывают и на волокнистость отходов.

Ключевые слова*. Волокно, волокноочиститель, очистительный эффект, волокнистость отходов, уравнение регрессии, диаграмма.*

Abstract. *The fiber cleaning process is the final and most important stage in the primary cotton processing technology. The quality of the fiber depends on its effectiveness. The article*

presents research materials on the cotton fiber cleaning process. Regression models and diagrams characterizing the cotton fiber cleaning process have been obtained.

Analyzing the regression equation of cleaning efficiency, it can be noted that factors X_1 and X_2 have an equal effect on cleaning efficiency. Thus, increasing the speed of the saw cylinder from 1,100 rpm to 1,500 rpm leads to an increase in cleaning efficiency by more than 10%. The speed of the disc carding device also has a significant influence. The effect of the gap between the saws on cleaning efficiency is somewhat smaller, but remains noticeable and, when interacting with X_1 and X_2, amounts to 6.3–6.6%. The best effect was observed at a gap between the saws of 9 mm. These parameters have approximately the same influence on the fiber content of waste as well.

Keywords. *Fiber, fiber cleaner, cleaning effect, fiber content of waste, regression equation, diagram.*

Kirish. Respublikada keng turdagi sifatli mahsulotlar ishlab chiqarishni tashkil etish, uning ishlab chiqarilishini mahalliylashtirishni chuqurlashtirish, shuningdek, mahalliy ishlab chiqaruvchilarning eksport salohiyatini oshirishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida” Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta’minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish maqsad qilinib, bunda to‘qimachilik sanoati mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 2 baravarga ko‘paytirish..” vazifasi belgilab berilgan [1]. Ushbu vazifani amalga oshirish, jumladan paxtani yetishtirishdan boshlab, dastlabki ishlash va yuqori qo‘shimcha qiymatli tayyor to‘qimachilik va tikuv-trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarishga mo‘ljallangan ishlab chiqarishni integrasiya qilishni nazarda tutuvchi rivojlanishning klaster modelini amalga oshirish, mahaliy xomashyolardan foydalanilgan holda raqobatbardosh va sifatli tayyor mahsulot ishlab chiqarishni kengaytirish va ishlov berishning samarali jihozlari va texnologiyalarini yaratish muhim vazifalardan biri hisoblanadi [2-3].

Tola tozalash jarayoni paxtani dastlabki ishlash texnologik jarayonining yakunlovchi muhim bosqichidir. Uning natijasi tola sifatiga katta ta’sir ko‘rsatadi [4-6]. Tola tozalash jarayonini takomillashtirish bo‘yicha ko‘plab tadqiqot ishlari o‘tkazilgan bo‘lib, ushbu ilmiy izlanishlar, tola tozalash jarayoni samarasini ma’lum darajada oshirilishiga olib keldi [7-10]. Lekin so‘nggi yillarda mashina terimi paxtasini salmog‘ini ko‘payishi, ushbu jarayon samaradorligini yanada oshirish lozimligini taqozo etmoqda[11]. Paxta tozalash va to‘qimachilik korxonalarida paxtaning yigiruvchanlik xususiyatlarini saqlab qolish va paxta tolasining yuqori sifatini ta’minlash maqsadida, bir tomondan, tola tozalashni kuchaytirish, mehnat sarfini kamaytirishga intilayotgan bo‘linsa, ikkinchi tomondan, tolaga zararli mexanik ta’sirlarni kamaytirishga intilmoqdalar [12-14]. Shubhasiz, bu talablarni birlashtirish tola tozalagichlarni va ularning ishchi organlarni prinsipial jihatdan yangi konstruksiyalarini yaratish, va ularning maqbul ish rejimlarini kompleks izlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Shu nuqtayi nazardan tola tozalash mashinalarining yangi resursotejamkor konstruksiyalarini yaratish va mavjud tola tozalagichlarni takomillashtirish dolzarb hisoblanadi.

Tajriba qismi. Tavsiya etilgan такомиллаштирилган tola tozalagichning [15] asosiy ko‘rsatkichlarini aniqlash maqsadida takomillashtirilgan tola tozalagichning tajriba sinov uskunasi ishlab chiqilib tajriba sinovlari o‘tkazildi.

Tajribalar toladagi dastlabki nuqson va iflos aralashmalar miqdori 10,1% va namligi 8,1% bo‘lgan Porloq 2-nav mashina terim navli paxta tolasida o‘tkazildi. Har bir takrorlanishda 500 g namunalar tajriba stendidan o‘tkazildi. Har bir tajribada uchtadan takrorlanish bo‘lgan. Tola tozalangandan so‘ng standart usullar bo‘yicha tahlil qilindi.

O‘zgaruvchan parametrlar sifatida tozalash jarayoniga ta’sir qiluvchi omillar tanlandi. Ular 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tajribaning rejalashtirish sharti

№	Omilning nomi, belgisi	Kodlash-tirilgan belgisi	Faktorning haqiqiy qiymatlari			O‘zgarish oralig‘i
			-1	0	+1	
1	Arrali silindrning aylanish chastotasi, ayl./min.	X_1	1100	1300	1500	200
2	Tarash qurilmasining aylanish chastotasi, ayl./min.	X_2	250	350	450	100
3	Arralar orasidagi tirqish, mm	X_3	9	13	17	4

Chiqish parametrlari sifatida y_1 - tozalash samaradorligi %; y_2 - chiqindilarning toladorligi % qabul qilindi.

2-jadval

Rejalashtirish matritsasi, tozalash samaradorligi uchun o‘tkazilgan tajriba va hisobiy natijalar

№.	X_1	X_2	X_3	$\bar{y}_{i1}$	$\bar{y}_{i2}$	$\bar{y}_{i3}$	$\bar{y}_u$	S_u^2
1	-	-	-	35.8	35.2	35.6	35.53	0.0933
2	+	-	-	40.8	40.4	41.2	40.8	0.1600
3	-	+	-	46.5	46.7	45.9	46.37	0.1733
4	+	+	-	58.2	57.9	58.4	58.17	0.0633
5	-	-	+	35.4	35.1	35.2	35.23	0.0233
6	+	-	+	45.9	47.3	46.6	46.6	0.4900
7	-	+	+	39.5	39.9	39.3	39.57	0.0933
8	+	+	+	44.3	52.9	54.1	50.43	28.5733
Jami								

Har bir tajribani o‘tkazishdan oldin kirish va chiqish parametrlarini nazorat qilgan holda tajriba uskunasini sozlash amalga oshirildi. Tajribalar TFT-2^3 to‘liq omilli tajriba rejasi bo‘yicha o‘tkazildi. Tajriba natijalari 2-3-jadvallarda keltirilgan.

3-jadval

Rejalashtirish matritsasi, chiqindilarning toladorligi uchun o‘tkazilgan tajriba va hisobiy natijalar

№.	X_1	X_2	X_3	$\bar{y}_{i1}$	$\bar{y}_{i2}$	$\bar{y}_{i3}$	$\bar{y}_u$	S_u^2
1	-	-	-	34.5	34.8	35	34.77	0.0633
2	+	-	-	38.3	38.1	37.8	38.07	0.0633

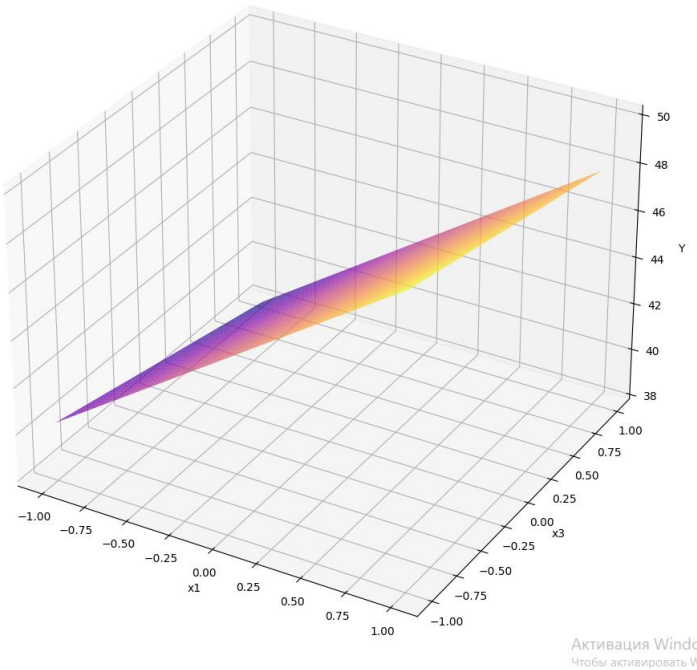
3	-	+	-	49.7	49.2	48.8	49.23	0.2033
4	+	+	-	35.9	40.7	47.6	41.40	34.5900
5	-	-	+	33.8	34.2	34.5	34.17	0.1233
6	+	-	+	35.9	40.7	47.6	41.40	34.5900
7	-	+	+	35.6	32.9	36.2	34.90	3.0900
8	+	+	+	41.2	40.6	36.9	39.57	5.4233

Modelning oxirgi ko‘rinishini olish uchun regressiya tenglamasi koeffisiyentlarini ahamiyatligini Styudent kriteriyasining formulalaridan foydalanamib tekshirildi.

Olingan modelning adekvatligini tekshirish uchun Fisher kriteriyasining formulalaridan foydalanildi.

Tadqiqotlar taxlili. I) Tozalash samaradorligi bo‘yicha grafiklarda tahlili 1-2-3-rasmlarda keltirilgan.

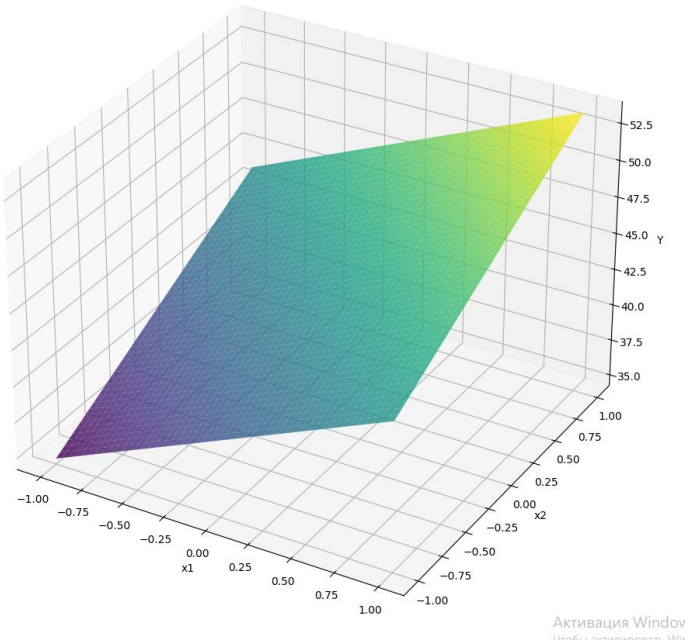
$$y_R(x_1, x_3) = 44.09 + 4.91 \cdot x_1 + 4.55 \cdot x_2 - 1.12 \cdot x_3 - 2.50 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0.88 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$



Активация Windows
Чтобы активировать Wind

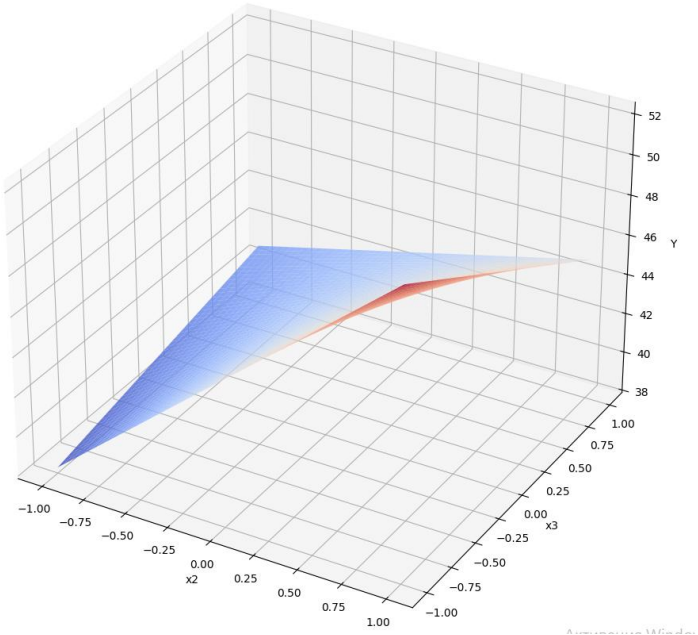
1-rasm. Arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 0.75 \div 1$ gacha o‘zgarishi Arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi Tozalash samaradorligining oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 1$ erishadi

$$y_R(x_1, x_2) = 44.09 + 4.91 \cdot x_1 + 4.55 \cdot x_2 - 1.12 \cdot x_3 - 2.50 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0.88 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$



2-rasm. Arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 0.75 \div 1$ gacha o‘zgarishi tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi tozalash samaradorligining oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0$ erishadi

$$y_R(x_2, x_3) = 44.09 + 4.91 \cdot x_1 + 4.55 \cdot x_2 - 1.12 \cdot x_3 - 2.50 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0.88 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

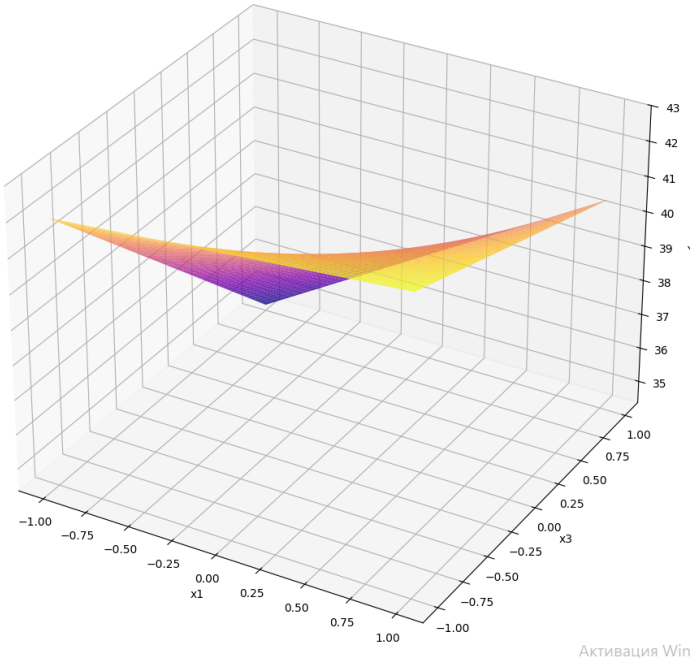


3-rasm. Tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 0.75 \div 1$ gacha o‘zgarishi arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi tozalash samaradorligining oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 1$ erishadi

Tozalash samaradorligining oshganligini kiruvchi parametrlarning ta’sirida yuqoridagi izochiziqlarda ko‘rishimiz mumkin. Bunda tarash qurilmasining aylanish chastotasi 1500 ayl/min qiymatida, arrali silindrning aylanish chastotasi 350 ayl/min qiymatida hamda arralar orasidagi tirqish 13mm bo‘lganda erishilgan.

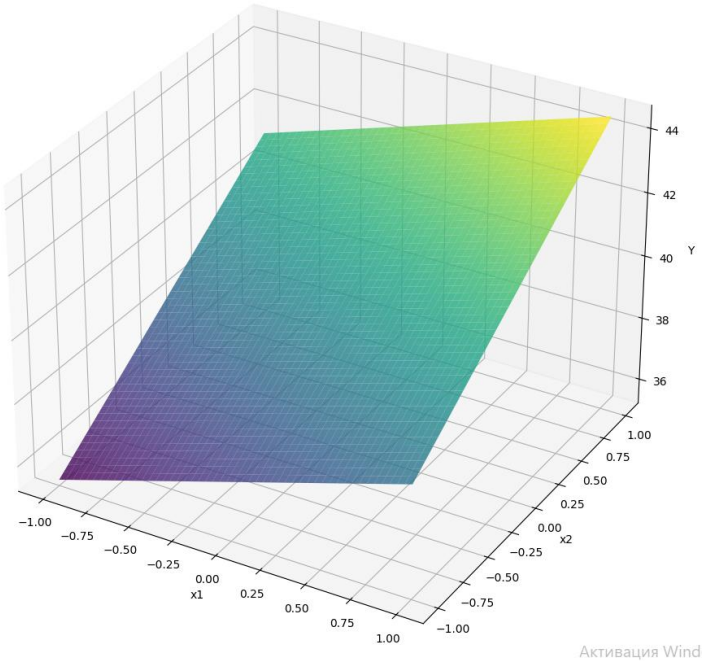
II) Chiqindilarning toladorligiga bo‘yicha grafiklarda tahlili 4-5-6-rasmlarda keltirilgan.

$$y_R(x_1, x_3) = 39.96 + 1.70 \cdot x_1 + 2.86 \cdot x_2 - 2.45 \cdot x_3 - 1.28 \cdot x_1 \cdot x_3 - 3.138 \cdot x_1 \cdot x_3$$



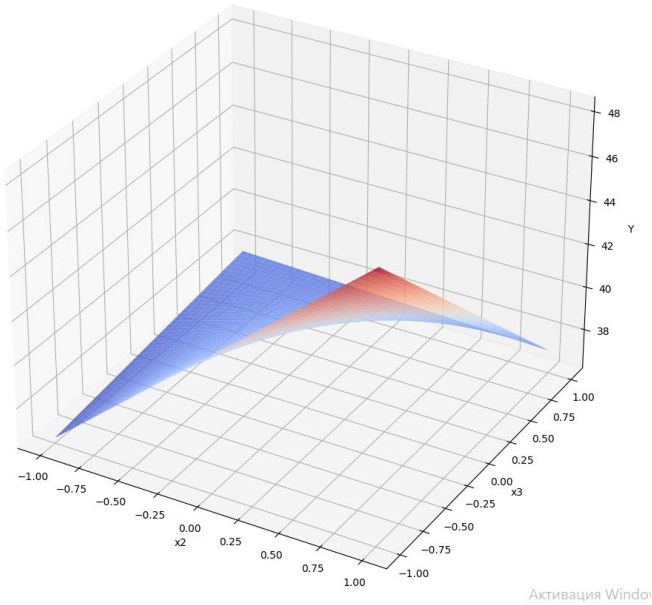
4-rasm. Arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 0.75 \div 1$ gacha o‘zgarishi arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi chiqindilarning toladorligiga oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 1$ erishadi

$$y_R(x_1, x_2) = 39.96 + 1.70 \cdot x_1 + 2.86 \cdot x_2 - 2.45 \cdot x_3 - 1.28 \cdot x_1 \cdot x_3 - 3.138 \cdot x_1 \cdot x_3$$



5-rasm. Arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 0.75 \div 1$ gacha o‘zgarishi tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi chiqindilarning toladorligiga oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0$ erishadi

$$y_R(x_2, x_3) = 39.96 + 1.70 \cdot x_1 + 2.86 \cdot x_2 - 2.45 \cdot x_3 - 1.28 \cdot x_1 \cdot x_3 - 3.138 \cdot x_1 \cdot x_3$$



6-rasm. Tarash qurilmasining aylanish chastotasi $x_2 = 0 \div 0.25$ gacha o‘zgarishi arralar orasidagi tirqish $x_3 = 0.75 \div 1$ o‘zgarishi chiqindilarning toladorligiga oshganligini ko‘rishimiz mumkin. Bunda arrali silindrning aylanish chastotasi $x_1 = 1$ erishadi

Xulosa. Chiqindilarning toladorligiga kamayganligini kiruvchi parametrlarning ta’sirida yuqoridagi izochiziqlarda ko‘rishimiz mumkin. Bunda tarash qurilmasining aylanish chastotasi 1500 ayl/min qiymatida, arrali silindrning aylanish chastotasi 350 ayl/min qiymatida hamda arralar orasidagi tirqish 13 mm bo‘lganda erishilgan. Tozalash samaradorligining regressiya tenglamasini tahlil qilib, shuni ta’kidlash mumkinki, X_1 va X_2 omillari tozalash samaradorligiga bir xil ta’sir qiladi. Shunday qilib, arrali silindr tezligining 1100 ayl/min dan 1500 ayl./min. gacha o‘zgarishi tozalash samaradorligining 10% dan ortiq (abs) oshishiga olib keladi. Diskli tarash qurilmasining tezligi ham katta ta’sir ko‘rsatadi. Arralar orasidagi tirqishning tozalash samaradorligiga ta’siri biroz kamroq, ammo sezilarli darajada bo‘lib, X_1 va X_2 bilan o‘zaro ta’sirda 6,3÷6,6% (abs) oralig‘ida bo‘ladi. Bunda eng yaxshi samara arralar orasidagi tirqish 9 mm bo‘lganda namoyon bo‘ldi. Bu ko‘rsatkichlar chiqindilarning toladorliligiga ham taxminan shunday ta’sir ko‘rsatadi. Olingan regressiya tenglamalari juda sodda va eng maqbul parametrlarni tanlash uchun maxsus optimallashtirish usullarini qo‘llash talab etilmaydi. Tajriba ma’lumotlarini tahlil qilish asosida diskli tarash qurilmasiga ega bo‘lgan takomillashtirilgan tola tozalagichning tozalash samarasini biroz kamaytirish hisobiga chiqindilarning toladorliligini kamaytirishni hisobga olingan quyidagi ko‘rsatkichlari tavsiya etildi:

- arrali silindrning aylanish chastotasi - 1500 ayl./min.;
-tarash disklarining aylanish chastotasi - 350 ayl./min.;
- arralar orasidagi tirqish - 13 mm;
- oraliq qistirma diametri – 150 mm;
- prujina o‘rnatilgan disk diametri – 210 mm;
- arrali disk diametri – 310 mm;
- arra tishlari va kolosniklar orasidagi masofa – 1,5 – 3 mm;
- kolosniklar orasidagi masofa – 35 mm.

Reference

1. O‘zbekiston Recpublikasi Prezidentining 2021 yil 16-noyabrdagi “Paxta to‘qimachilik klacterlari faoliyatini tartibga colish chora tadbirlari to‘g‘ricida”gi PQ-16 conli Qarori.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi PF-60 – sonli Farmoni.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 22-iyundagi “Paxta-to‘qimachilik ishlab chiqarishini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi 397-son Qarori.
4. Zikriyoyev E.Z. Paxtani dastlabki qayta ishlash. // Toshkent, “Mehnat”, 2002 y.
5. Paxtani dastlabki ishlashning muvofiklashtirilgan texnologiyasi. PDI - 70 2017. 2017 y.
6. R.V.Korabelnikov, D.A.Lebedev, YE.I.Gromova. “Izucheniye prichin ukorachivaniya volokon pri ochistke”. Izvestiya VUZov. “Texnologiya tekstilnoy promishlennosti”. Ivanovo. №4, 2008, s.37-40.
7. D.Tashpulatov, S.Tashpulatov, I.Tyurin, R.Norboeva, A.Ismailov. “Improved cotton fences for a sustainable approach to cotton cleaning”. E3S Web of Conferences **531**, 01014 (2024) https://doi.org /10.1051/e3sconf/202453101014. *UESF-2024.* 24.
8. A.A.Ismailov. Demfiruyushiye svoystva xlopka-sirsa pri sjatii. Universum: texnicheskiye nauki: nauchniy jurnal. – № 11(140). Moskva, Izd. «MSNO», 2025 noyabr, http://7universum.com/ru/tech/archive/category/3108
ISSN : 2311-5122.
9. A.A.Abdusamatov, A.P.Mavlyanov, A.A.Ismailov. “Polnofaktorniy eksperiment voloknoochistiteley s modernizirovannimi rabochimi organami”. Journal of Advanced Research and Stability Volume: 02 Issue: 12 | Dec – 2022, ISSN: 2181-2608 www.sciencebox.uz.
10. A.A.Ismailov, X.G.Saloyev, X.K.Tursunov. “K voprosu usileniya ochistki xlopkovix volokon ot sornix primesey”. Sbornik satyey respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferensii. Tashkentskiy institut tekstilnoy i lyogkoy promishlennosti. Tashkent oktabr 2010 g.
11. A.A.Ismailov, M.Alisherova. “Tola tozalash jarayoni tahlili”. Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi maqolalar to‘plami. Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti. Toshkent 2022 yil may, 194-195 bet.
12. A.A.Ismailov, X.G.Saloyev, X.K.Tursunov, D.A.Ismailova. K voprosu intensifikatsii ochistki xlopkovogo volokna. “To‘qimachilik muammolari” nauchno-texnicheskiy jurnal. 2013 №2, 35-38 s.
13. A.A.Ismailov, SH.X.Abdazimov, A.M.Salimov. “Issledovaniye protsessa soudareniya voloknistogo materiala s rabochimi organami ochistitelnix mashin”. “To‘qimachilik muammolari” nauchno-texnicheskiy jurnal 2017g. №3, 14-20 str.
14. A.A.Ismailov, L.Usmanov. “Teoreticheskoye opredeleniye sili udara pryadki volokna po rabochim organam voloknoochistiyelnoy mashini”. Advances in Science and Technology”. Sbornik statey XXIV mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii, Moskva, oktabr 2019g., str.122-123.
15. Patent UZ FAP 00614, 23.03.2010 y.

UO‘K 681.5:677.017.6

TO‘QIMACHILIK MATOLARINING OQLILIGINI VA NAMLIGINI NAZORAT QILISH TIZIMI

Sabirov.N.X, O‘rinboyev.I.U, Kurbonova D.D.
Tashkent Textile and Light Industry Institute

Annotatsiya*. Mazkur ilmiy maqolada zamonaviy to‘qimachilik sanoatida ishlab chiqarish samaradorligi va mahsulot sifatini oshirishning eng muhim omillaridan biri hisoblangan matolarning oqliligi (WI) hamda namlik ko‘rsatkichlarini avtomatlashtirilgan nazorat qilish tizimini ishlab chiqish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot doirasida poliester matolarning optik va jismoniy xususiyatlarini aniqlash uchun spektrofotometrik o‘lchov sharoitlari va usullari chuqur tahlil qilingan. Eksperimental tadqiqotlar natijasida matoning oqlilik darajasi uning qatlamlar soniga bevosita bog‘liqligi, ya’ni qatlamlar soni ortishi bilan oqlilik ko‘rsatkichi ma’lum bir kritik chegaragacha ko‘tarilib, so‘ngra barqarorlashishi yoki kamayish tendensiyasiga ega bo‘lishi aniqlangan. Shu bilan birga, matoning oqlilik hamda sariqlik indeksi (YI) o‘rtasidagi o‘zaro teskari korrelyatsion bog‘liqlik qonuniyatlari matematik va tahliliy jihatdan asoslab berilgan. Texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida boshqarish maqsadida namlikni o‘lchovchi zamonaviy sensorlar integratsiyasi hamda intellektual monitoring tizimini yaratish prinsiplari ishlab chiqilgan. Maqolada taklif etilgan avtomatlashtirilgan nazorat tizimi resurslarni tejash, inson omilini kamaytirish va to‘qimachilik korxonalarida zamonaviy barqaror ekologik texnologiyalarni (Green Technology) keng qo‘llash imkoniyatlarini yaratib beradi.*

Kalit so‘zlar: *qlilik indeksi, sariqlik indeksi, mato qatlam soni, namlik nazorati, spektrofotometrik o‘lchov, to‘qimachilik matosi, avtomatlashtirilgan nazorat tizimi, barqaror texnologiyalar, ekologik texnologiyalar, intellektual monitoring.*

Аннотация. *В данной научной статье рассматриваются вопросы разработки автоматизированной системы контроля показателей белизны (WI) и влажности тканей, что является одним из важнейших факторов повышения эффективности производства и качества продукции в современной текстильной промышленности. В рамках исследования детально проанализированы условия и методы спектрофотометрических измерений для определения оптических и физических свойств полиэфирных (полиэстерных) материалов. В результате экспериментальных исследований установлено, что степень белизны ткани напрямую зависит от количества её слоёв; в частности, с увеличением числа слоёв показатель белизны возрастает до определённого критического предела, после чего наблюдается его стабилизация или тенденция к снижению. Вместе с тем, математически и аналитически обоснованы закономерности взаимной обратной корреляционной зависимости между индексом белизны и индексом желтизны (YI) ткани. С целью управления технологическими процессами в режиме реального времени разработаны принципы интеграции современных датчиков влажности и создания систем интеллектуального мониторинга. Предложенная в статье автоматизированная система контроля обеспечивает экономию ресурсов, снижение влияния человеческого фактора и открывает широкие возможности для внедрения современных устойчивых экологических технологий («зелёных» технологий) на текстильных предприятиях.*

Ключевые слова: *индекс белизны, индекс желтизны, количество слоёв ткани, контроль влажности, спектрофотометрические измерения, текстильный материал, автоматизированная система контроля, устойчивые технологии, экологические технологии, интеллектуальный мониторинг.*

Abstract. *This scientific paper addresses the development of an automated control system for evaluating fabric whiteness (WI) and moisture levels, which represents a crucial factor for enhancing production efficiency and product quality in the modern textile industry. Within the*

scope of the study, spectrophotometric measurement conditions and methodologies were thoroughly analyzed to determine the optical and physical properties of polyester fabrics. Experimental investigations revealed that the whiteness degree of the fabric directly depends on the number of its layers; specifically, as the number of layers increases, the whiteness index rises up to a certain critical threshold, after which it stabilizes or exhibits a declining trend. Furthermore, the regularities of the inverse correlation between the whiteness index and the yellowness index (YI) of the fabric have been mathematically and analytically substantiated. To manage technological processes in real-time, the principles of integrating modern moisture sensors and creating intelligent monitoring systems have been established. The automated control system proposed in this paper ensures resource conservation, minimizes the human factor, and creates extensive opportunities for implementing modern sustainable ecological practices (Green Technology) within textile enterprises.

Keywords: *whiteness index, yellowness index, fabric layer number, moisture control, spectrophotometric measurement, textile material, automated control system, sustainable technologies, green technology, intelligent monitoring.*

Kirish. To‘qimachilik sanoati jahon iqtisodiyotida muhim rol o‘ynaydi, biroq, u shu bilan birga ekologik jihatdan eng muammoli sohalardan biri sifatida ham tan olingan. To‘qimachilik va moda sanoati global issiqxona gazlari chiqindilarining taxminan 2–8% ini tashkil qiladi, to‘qimachilik sanoati yiliga ~93 milliard kub metr suv ishlatadi, ~92 million tonna tekstil chiqindisi hosil bo‘ladi 2030-yilga kelib bu ko‘rsatkichlar 63 foizga oshishi kutilmoqda [1].

Texnologik jarayonlar orasida ho‘l qayta ishlash bosqichi – bo‘yash, bosib chiqarish va qayta ishlash – sanoatning umumiy suv sarfining taxminan 72 foizini tashkil etadi [1]. Matolarning rang sifati va namlik ko‘rsatkichlari mahsulot sifatining asosiy mezonlari bo‘lib, ularni aniq va tezkor nazorat qilish sanoat uchun hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Oqliligi indeksi (Whiteness Index) matoning vizual oqliligi va rangini ifodalovchi asosiy sifat ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi [2].

Namlik nazorati ham kam muhim emas – mato namligi to‘qimachilik jarayonlari davomida matoning fizik xossalariga, bo‘yash sifatiga va tayyor mahsulotning iste'mol xususiyatlariga bevosita ta'sir ko‘rsatadi. Ammo hozirda ko‘pgina korxonalarda bu ikki parametr – oqlilik va namlik – alohida-alohida va ko‘pincha noaniq usullar bilan nazorat qilinadi.

Ushbu tadqiqot maqsadi – zamonaviy sensor texnologiyalari va spektrofotometrik o‘lchov usullari asosida to‘qimachilik matolarining oqliligini va namligini birgalikda nazorat qiladigan intellektual tizim konsepsiyasini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari to‘qimachilik sanoatida sifat nazorat tizimlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Oqliligi indeksini o‘lchash metodlari

Oqlilik rang ilmining muhim tushunchasi bo‘lib, yuqori yorug‘lik o‘tkazuvchanligi va rang hamda kulrangsizlikning yo‘qligi sifatida ta'riflanadi [2]. Fizik nuqtayi nazardan oq yuza ko‘rinadigan spektr bo‘ylab 50 foizdan ortiq yorug‘likni aks ettiradi. Spektral refleksiya qanchalik yuqori va bir xil bo‘lsa, ob’ektning oqlik darajasi shunchalik yuqori bo‘ladi [2].

CIE (Xalqaro Yoritish Komissiyasi) 1979-yilda Ganz tadqiqotlari asosida oqlilik indeksini tavsiya etdi. Ushbu formula 1987-yilda ISO 11475 va ISO/DIS 11476 standarti sifatida, bir yil o‘tgach esa AATCC 110 standarti sifatida qabul qilindi [2]. CIE oqliligi indeksi quyidagicha hisoblanadi:

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad (1)$$

bu yerda Y – yorug‘lik darajasi; x, y – namunaning xromatik koordinatalari;x_n , y_n esa nur manbaning xromatik koordinatalari. WI quyidagi chegaralar doirasida amal qiladi:

$$40 < W < (5Y - 280) \quad (2)$$

Akgun (2015) o‘tkazgan tadqiqotlarda turli konstruktiv parametrlarga ega bo‘lgan poliester матолар uchun qatlam sonining WI ga ta'siri keng o‘rganilgan [2]. Muallif natijalarida

ko‘rsatilishicha, qatlam soni oshishi bilan WI ma'lum qiymatga yetguncha ortadi. Birinchi guruh matolar uchun bu chegara 8 qatlam, ikkinchi guruh uchun esa 3 qatlam atrofida belgilanadi. Bundan ortiqcha qatlam qo‘shilganda, mato kompaktligi ortganligi sababli WI pasayishi kuzatiladi [2].

Sariqlik indeksi (Yellowness Index, YI) esa ASTM E 313 standarti asosida o‘lchanadi va WI bilan teskari mutanosiblikda o‘zgaradi. Qatlam soni ko‘payganda YI salbiy qiymatlardan musbat qiymatlarga o‘tib, bu ko‘k rangdan sariq rangga siljishni ifodalaydi [2]. Ushbu o‘zaro bog‘liqlik nazorat tizimida ikkala ko‘rsatkichni birgalikda kuzatish zaruratini belgilaydi.

To‘qimachilik chiqindi suvlarining ekologik jihatlari

To‘qimachilik korxonalari, xususan bo‘yash va pardozlash sexlari, ekologik jihatdan eng xavfli ob'ektlar qatoriga kiradi. Reaktiv bo‘yoqlar kimyoviy barqarorligi va past bioparchangligi tufayli atrof-muhitga uzoq muddatli salbiy ta'sir ko‘rsatadi [3]. Saodat Mirzalimova va hammualllflar (2021) tomonidan o‘tkazilgan biotestlash tajribalari shuni ko‘rsatadiki, 6 xil faol bo‘yoq eritmalarining barchasi Daphnia longispina test-organizmlariga o‘tkir toksik ta'sir ko‘rsatadi [3].

Tadqiqot natijalarida Yellow 145 bo‘yog‘i eng zaharli, Blue TBG esa eng kam zaharli ekani aniqlangan. Zararlilik bo‘yicha bo‘yoqlar quyidagicha tartiblanadi: Yellow 145 > Blue RS > Blue SPD > Red SPD > Yellow 4gl > Blue TBG [3]. Bularning barchasi to‘qimachilik sanoatida sifat nazoratini kuchaytirish, suv resurslaridan tejamkor foydalanish va tozalash texnologiyalarini joriy etish zaruratini tasdiqlamoqda.

Barqaror ho‘l qayta ishlash texnologiyalari

Catarino va hammualliflar (2025) tomonidan nashr etilgan keng ko‘lamli tahlil to‘qimachilik ho‘l qayta ishlashda qo‘llaniladigan zamonaviy barqaror texnologiyalarni qamrab olgan [1]. Ultratovushli texnologiyada kavitatsiya hodisasi qo‘llaniladi: suyuqlikda mikro pufakchalar hosil bo‘lib, ularning yopilishi mexanik zo‘riqish va yuqori harorat hosil qiladi. Bu esa kimyoviy moddalar diffuziyasini tezlashtiradi, bo‘yash haroratini pasaytiradi va suvdan foydalanishni qisqartiradi [1].

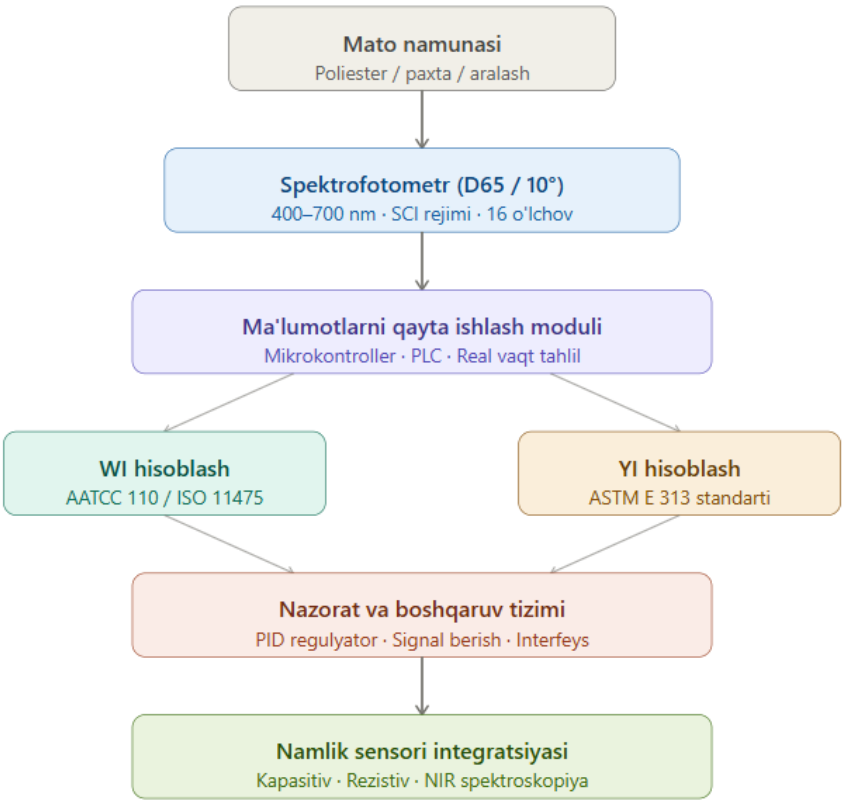
Plazma texnologiyasi quruq jarayon bo‘lib, past haroratda tolalar yuzasiga zamonaviy modifikatsiya imkonini beradi. Dielectric barrier discharge (DBD) plazmasining 2 daqiqa davomida xom paxtaga ta'sir ettirilishi, an'anaviy kimyoviy ishlovdan so‘nggi namlanuvchanlika nisbatan sezilarli darajada yuqori ko‘rsatkich berishini eksperimentlar tasdiqlagan [1]. Shuningdek, plazma va fermentlar kombinatsiyasi 66% suv sarfini kamaytirish bilan birga WI va kuchlanish xususiyatlarini ham ta'minlagan [1].

Superkritik karbonat angidrid (SC-CO_2) texnologiyasi esa to‘qimachilik boyashda inqilobiy o‘zgarish hisoblanadi. CO_2 ning kritik nuqtadan (31°C, 72 bar) o‘tgan holati suyuqlik va gaz xossalarini birlashtiradi, bu esa uni gidrofob bo‘yoqlar va tolalar uchun ideal erituvchi qiladi. SC-CO_2 ning asosiy afzalligi – suv sarfining to‘liq bartaraf etilishi, bo‘yoq va CO_2 ning qayta foydalanilishi hamda kuchli dispersantlarsiz ishlash imkoniyati [1].

Tadqiqot metodologiyasi nazorat tizimining umumiy arxitekturasi.

Taklif etilgan tizim uch asosiy funksional blokdan tashkil topadi: (1) o‘lchov bloki, (2) ma'lumotlarni qayta ishlash va hisoblash bloki, hamda (3) boshqaruv va aks aloqa bloki. Tizimning umumiy strukturasi quyida keltirilgan:

O‘lchov blokida spektrofotometr, namlik sensori va optik filtr tizimi joylashgan. Ma'lumotlar qayta ishlash bloki mikrokontroller yoki sanoat PLC asosida quriladi va real vaqt rejimida WI hamda YI ni hisoblab, namlik ko‘rsatkichlari bilan birgalikda tahlil qiladi. Boshqaruv bloki operator interfeysini, signal berish va avtomatik regulyatsiya tizimini o‘z ichiga oladi.

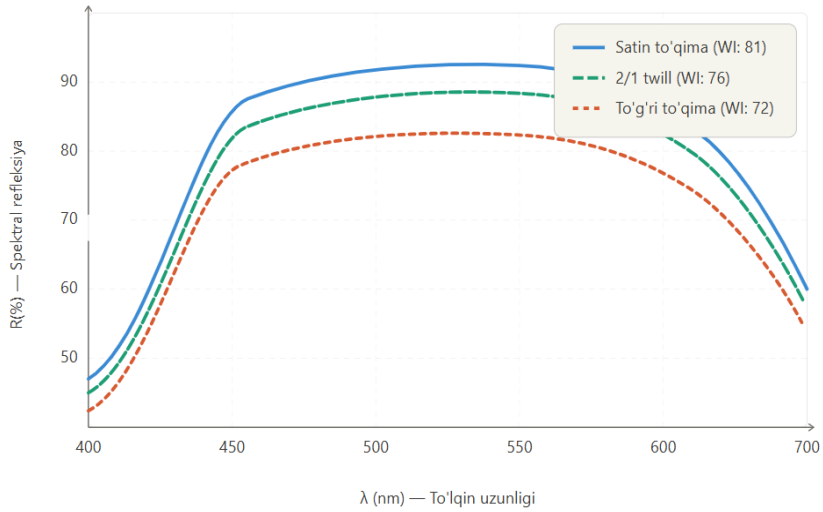


1-rasm. Nazorat tizimining funksional tuzilmasi

Spektrofotometrik o‘lchov protseduralari. O‘lchovlar Macbeth Reflectance Spectrophotometer (MS 2020+ yoki uning zamonaviy analoglari) yordamida 400–700 nm diapazonda D65/10° yorug‘lik manbaida amalga oshiriladi. O‘lchov Specular Component Included (SCI) rejimida bajariladi. Har bir namuna uchun 90° aylanish bilan 4 ta takrorlash o‘tkazilib, jami 16 ta o‘lchov natijasi o‘rtachalanadi [2]. WI va YI lar mos ravishda AATCC 110 va ASTM E 313 standartlari asosida hisoblanadi [2].

Qatlam soni ta'sirini aniqlash uchun 1, 2, 3, 4, 8 va 16 qatlamli konfiguratsiyalarda o‘lchov o‘tkazildi. Mato massasi birlik yuzaga nisbati ASTM D3776-96 standarti asosida aniqlandi, namlanish sharoitlari esa 20±2°C harorat va 65±2% nisbiy namlik bo‘lgan standart laboratoriya sharoitida ta’minlandi [2].

Spektral refleksiya egri chizig‘i to‘lqin uzunligi bo‘yicha 400 dan 700 nm gacha olinadi. Yuqori va bir tekis refleksiya yuqori WI ga mos keladi. Quyida namunali refleksiya grafigi keltirilgan:



2-rasm. Turli mato tuzilishi uchun spektral refleksiya egri chiziqlari (sxematik)

Namlik nazorat usullari. Namlikni o‘lchash uchun quyidagi usullar qiyosiy ko‘rib chiqildi: (a) rezistiv namlik sensorlari – mato elektr o‘tkazuvchanligini o‘lchash orqali namlikni aniqlaydi; (b)kapasitiv sensorlar-dielektrik o‘tkazuvchanlik o‘zgarishiga asoslanadi; (c) mikroto‘lqinli usul – elektromagnit to‘lqinlarning suvdagi singishi hodisasidan foydalanadi; (d) infratizimalar (NIR) spektroskopiyasi – matoning suv miqdorini molekulyar darajada aniqlaydi.

Har bir usulning o‘lchanish aniqligi, arzonligi, texnik ishonchliligi va ishlab chiqarish liniyasiga integratsiya qulayligi tahlil qilindi. Kombinatsiyalangan yondashuv – kapasitiv sensorlar bilan NIR spektroskopiyasini birgalikda qo‘llash – eng yuqori aniqlik va keng diapazonni ta'minlaydi degan xulosaga kelindi.

Standart laboratoriya sharoiti bo‘lgan 20±2°C va 65±2% nisbiy namlik ASTM D1776-08 standarti bilan belgilanadi [2]. Ushbu shart nazorat tizimida etalon sifatida qabul qilinadi.

Natijalar va muhokama oqliligi indeksining qatlam soniga bog‘liqligi. Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydi: WI qatlam soni ortishi bilan ma'lum bir chegaraviy qiymatga qadar o‘sadi; undan keyingi qatlamlar qo‘shilganda esa, matoning konstruktiv zichligi va kompaktligiga qarab, WI doimiylashadi yoki keskin pasayadi [2]. 1-jadvalda asosiy o‘lchov ko‘rsatkichlari jamlangan:

1-jadval. Asosiy o‘lchov ko‘rsatkichlari va standartlari

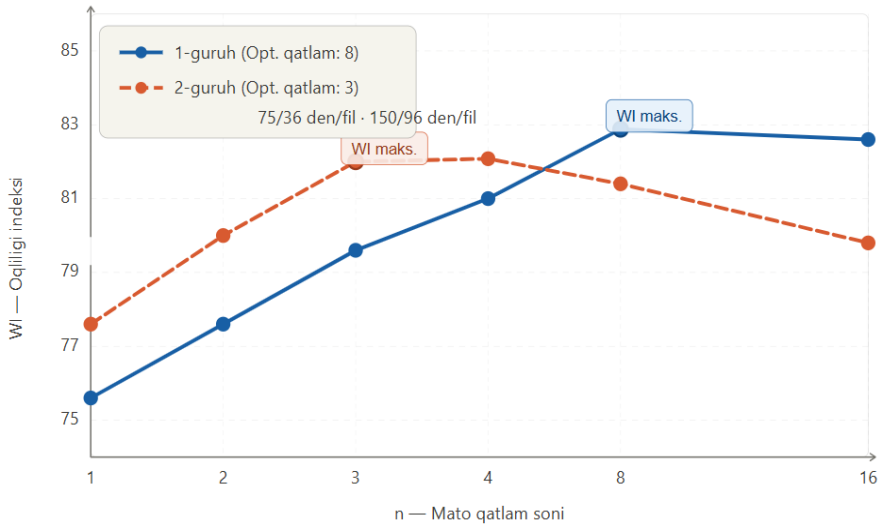
Ko‘rsatkich	**Standart metod**	**O‘lchov diapazoni**	**Aniqlik darajasi**	**Qo‘llanish sohasi**
CIE oqliligi indeksi (WI)	AATCC 110 / ISO 11475	40 < W < (5Y–280)	±0.5 birlik	Oqlangan matolar
Sariqlik indeksi (YI)	ASTM E 313	–10 dan +20 gacha	±0.2 birlik	Har turdagi matolar
Spektral refleksiya (%)	D65/10° nur manba	400–700 nm	±0.1%	Rangimetrik tahlil
Namlik miqdori (%)	ASTM D1776	0–100%	±0.5%	Paxta, poliester, aralash
Massa birlik yuzaga (g/m²)	ASTM D3776	50–500 g/m²	±1.0 g/m²	Hamma turdagi matolar

Birinchi guruh матолари (75/36 den/fil, oddiy – satin to‘qish) uchun WI ning maksimum qiymati 8 qatlamda qayd etilgan. Ikkinchi guruh матолари uchun (150/36 ip, mikrotola) bu chegara 3 qatlam bo‘lgan. Bu farqning asosiy sababi – ikkinchi guruh matolarining massa birlik yuzaga nisbatining yuqoriligi va shunga mos ravishda yuqori kompaktligi [2].

3 dan 8 gacha qatlam oralig‘ida WI qiymati o‘zgarishi statistik jihatdan muhim bo‘lib, Student–Newman–Keuls (SNK) testida 0.05 ishonch darajasida tasdiqlangan [2]. Satin to‘qish naqshi barcha qatlam sonlarida eng yuqori WI ni ta'minlagan. WI va YI o‘rtasidagi teskari bog‘liqlik quyidagi grafik orqali ko‘rsatilgan:

Ko‘rsatilgan ma'lumotlardan ayon bo‘ladiki, ip uzunligi floatingi va tugunlari ko‘p bo‘lgan satin to‘qima (1/7 sateen) eng yuqori WI ni beradi. Bu holat matoning yorug‘lik sochish xususiyatlari bilan bog‘liq – floatlar ko‘p bo‘lgan to‘qimalarda yorug‘lik spektri bo‘yicha bir tekis aks etadi, bu esa ko‘zni oq rangda sezishga yo‘naltiradi [2].

Sariqlik indeksining qatlam soni ortishi bilan salbiydan musbatga o‘tishi optik «yorug‘lik tuzoqlar» (light trap) hodisasini ifodalaydi. Ko‘p qatlamlar o‘lchov portining chekkasida qora halqa hosil qilib, aks etgan yorug‘likni tutib qoladi, bu esa o‘lchovda sariqlik illuziyasini vujudga keltiradi [2].



3-rasm. WI qiymatlari va mato qatlam soni o‘rtasidagi bog‘liqlik (sxematik)

Mato tuzilishi va WI ko‘rsatkichlari

Turli to‘qish naqshlari va iplar uchun olingan WI va YI qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

2-jadval.

Turli mato turlari uchun WI va YI ko‘rsatkichlari

Mato turi	Qatlam soni	WI maks.	YI qiymati	Namlik (%)
Oddiy to‘qima (satin)	8 qatlam	81.2	+0.3	65±2
2/1 satin (poliester)	3 qatlam	76.8	+1.1	65±2
To‘g‘ri to‘qima	16 qatlam	72.4	+3.7	65±2
Mikro tolali poliester	4 qatlam	79.5	+0.6	65±2
Aralash (paxta/poliester)	8 qatlam	77.1	+1.5	65±2

Barqaror texnologiyalar va nazorat tizimi. Zamonaviy barqaror qayta ishlash texnologiyalari nafaqat ekologik, balki sifat nazorati nuqtayi nazaridan ham katta imkoniyatlar ochadi. Quyidagi jadvalda texnologiyalar va ularning WI sifatiga ta'siri solishtirilgan:

3-jadval.

Barqaror texnologiyalar va WI sifatiga ta’siri

Texnologiya	Suv sarfi kamaymishi	WI sifat darajasi	Sanoat miqyosi
Ultratovushli qayta ishlash	30–40%	Yuqori (WI ≥ 78)	Keng qo‘llanmoqda
Ozonlash texnologiyasi	72%	O‘rta (WI 65–75)	Qisman qo‘llanmoqda
Plazma qayta ishlash	66%	Yuqori (WI ≥ 76)	Rivojlanmoqda
Superkritik CO_2	~100%	Juda yuqori (WI ≥ 80)	Sintetik tolalar uchun
Raqamli bo‘yash	85–90%	O‘rta-yuqori	Keng qo‘llanmoqda

Ultratovushli qayta ishlash fermentlar bilan birgalikda qo‘llanilganda paxtani biovosita ishlashda 45 daqiqalik an'anaviy jarayonga ekvivalent natijalarga 90 daqiqa o‘rniga atigi 45 daqiqada erishilgan [1]. Bundan tashqari, ultratovush past haroratda (40°C) reaktiv bo‘yoqlar bilan

paxta matolarni bo‘yashda an'anaviy 60°C rejimiga nisbatan yuqori rang hosil bo‘lishini ta'minladi [1]. Plazma texnologiyasi pilot ko‘lamida 27 hafta davomida sinovdan o‘tkazilganda, suv sarfi 66% kamaygan holda WI va mexanik mustahkamlik ko‘rsatkichlari an'anaviy usulga muvofiq bo‘lib chiqdi [1]. Ushbu natijalar nazorat tizimida texnologik parametrlarni yanada kengroq optimizatsiya qilish imkoniyatini ochib beradi. Bo‘yash sanoatida reaktiv bo‘yoqlarning toksik ta'siri ham sifat nazorati tizimida e'tibor talab qiladigan muhim omil hisoblanadi. Biotestlash natijalari ko‘rsatadiki, Yellow 145 bo‘yog‘ining zararsiz kontsentratsiyasi atigi 1.37 mg/dm³ ni tashkil etadi [3]. Bu shuni anglatadiki, nazorat tizimi suv namunaviy ko‘rsatkichlari bilan bog‘liq bo‘lgan texnologik parametrlarni ham qamrab olishi zarur.

Nazorat tizimining matematik modeli. Oqliligi nazorat algoritmi quyidagi ketma-ketlikka asoslanadi: spektrofotometr yordamida 400–700 nm diapazonda spektral refleksiya R(λ) o‘lchanadi; CIE 1964 standart kuzatuvchi va D65 nur manba asosida XYZ uch stimul qiymatlari hisoblanadi; so‘ngra xromatik koordinatalar x va y aniqlanib, (1) formula bo‘yicha WI hisoblanadi. YI esa ASTM E 313 bo‘yicha quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$YI = 100 \times (1.28X - 1.06Z) / Y \quad \ldots (3)$$

bu yerda X, Y, Z – CIE standart nur manba va kuzatuvchi asosida hisoblangan tristimulus qiymatlari. Namlik M esa rezistiv va kapasitiv sensorlar ko‘rsatkichlari o‘rtacha qiymatidan olinadi:

$$M = (Mres + Mcap) / 2 \pm \varepsilon \quad \ldots (4)$$

bu yerda Mres – rezistiv sensordan olingan qiymat, Mcap – kapasitiv sensordan olingan qiymat, ε – o‘lchov xatosi. Ikki sensordan olingan o‘rtacha qiymat o‘lchov ishonchliligini oshiradi va sensorlardan birida nosozlik yuz berganda ham tizimning ishlashini ta'minlaydi.

Nazorat tizimi PID-regulyator yoki fuzzy mantiq asosida texnologik parametrlarni – nam bera olish bosimi, harorat, to‘xtatish vaqti – avtomatik ravishda maqbul darajaga keltiradi. Bu esa WI va namlik ko‘rsatkichlarini belgilangan diapazonlarda saqlab turish imkonini beradi.

Xulosalar. Ushbu tadqiqotda to‘qimachilik matolarining oqliligini va namligini birgalikda nazorat qiluvchi avtomatlashtirilgan tizim konsepsiyasi ishlab chiqildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

1. WI qiymati mato qatlam soni ortishi bilan ma'lum chegaraviy qiymatgacha o‘sadi. Bu chegara matoning konstruktiv parametrlari va kompaktligiga bog‘liq bo‘lib, birinchi guruh matolar uchun 8 qatlam, ikkinchi guruh uchun 3 qatlam bo‘lib aniqlangan.
2. YI va WI o‘rtasida aniq teskari bog‘liqlik mavjud. YI salbiy qiymatlardan musbat qiymatlarga o‘tishi yorug‘lik tuzoq hodisasi bilan izohlanadi va nazorat tizimida inobatga olinishi shart.
3. Kapasitiv sensorlar va NIR spektroskopiyasining kombinatsiyasi namlikni aniqlashda yuqori ishonchlilikni ta'minlaydi va ishlab chiqarish liniyasiga integratsiyalanishi mumkin.
4. Ultratovushli qayta ishlash, plazma va SC-CO_2 texnologiyalari WI ko‘rsatkichlarini yuksaltirish va suv sarfini keskin kamaytirish imkonini beradi; ushbu texnologiyalar nazorat tizimida maqsadli integratsiya uchun tavsiya etiladi.
5. Reaktiv bo‘yoqlarning toksikligi (Yellow 145 uchun BK_{10} = 1.37 mg/dm³) nazorat tizimida chiqindi suvlar monitoringini ham qamrab olish zarurligini ko‘rsatadi.

Kelajakda nazorat tizimiga sun'iy intellekt algoritmlarini – neyron tarmoqlar va mashinali o‘rganish usullarini – integratsiya qilish, mato sifat parametrlarini real vaqtda bashorat qilish

imkonini beradi. Bundan tashqari, IoT texnologiyalari yordamida tizimni bulut platformasiga ulash va masofadan nazorat qilish kelajakdagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Reference

1. Catarino M.L., Sampaio F., Gonçalves A.L. Sustainable Wet Processing Technologies for the Textile Industry: A Comprehensive Review // Sustainability. – 2025. – Vol. 17. – P. 3041. https://doi.org/10.3390/su17073041
2. Akgun M. Effect of Fabric Layers on Whiteness and Yellowness Indices of Some Polyester Fabrics Woven with Different Constructional Parameters // AUTEX Research Journal. – 2015. – Vol. 15, No. 2. – P. 116–122. DOI: 10.2478/aut-2014-0043
3. Mirzalimova S.A., Mukhamediev M.G., Kirshina E.Yu. Tekstilnye predpriyatiya kak istochniki toksichnosti stochnykh vod // Universum: khimiya i biologiya. – 2021. – № 10 (88). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/12294
4. Khan W.U., Ahmed S., Dhoble Y., Madhav S. A Critical Review of Hazardous Waste Generation from Textile Industries and Associated Ecological Impacts // J. Indian Chem. Soc. – 2023. – Vol. 100. – P. 100–829.
5. Steen D., Dupont D. Control of Structured White Textiles // Coloration Technology. – 2003. – Vol. 119. – P. 205–211.
6. Hussain T., Wahab A. A Critical Review of the Current Water Conservation Practices in Textile Wet Processing // J. Clean. Prod. – 2018. – Vol. 198. – P. 806–819.
7. Jafari R., Amirshahi S.H. Variation in the Decisions of Observers Regarding the Ordering of White Samples // Coloration Technology. – 2008. – Vol. 124. – P. 124–131.
8. Tissera N.D., Wijesena R.N., de Silva K.M.N. Ultrasound Energy to Accelerate Dye Uptake and Dye–Fiber Interaction of Reactive Dye on Knitted Cotton Fabric at Low Temperatures // Ultrasonics Sonochemistry. – 2016. – Vol. 29. – P. 270–278.
9. Madhav S., Ahamad A., Singh P., Mishra P.K. A Review of Textile Industry: Wet Processing, Environmental Impacts, and Effluent Treatment Methods // Environmental Quality Management. – 2018. – Vol. 27. – P. 31–41.
10. Gita S., Hussan A., Choudhury T.G. Impact of Textile Dyes Waste on Aquatic Environments and Its Treatment // Environment and Ecology. – 2017. – Vol. 35, No. 3. – P. 2349–2353.
11. ASTM E 313-10. Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates. – West Conshohocken, PA, USA, 2010.
12. AATCC Test Method 110. Whiteness of Textiles // AATCC Technical Manual. – 2000. – Vol. 75. – P. 373–379.
13. Desore A., Narula S.A. An Overview on Corporate Response towards Sustainability Issues in Textile Industry // Environment Development and Sustainability. – 2018. – Vol. 20, No. 4. – P. 1439–1459.
14. Eren H.A. Sustainable Textile Processing with Zero Water Utilization Using Super Critical Carbon Dioxide Technology // Sustainability in the Textile and Apparel Industries. – Springer, 2020. – P. 179–196.
15. Zhou L., Bai Y., Guo S. Environmentally Friendly Textile Production: Continuous Pretreatment of Knitted Cotton Fabric with Normal Temperature Plasma and Padding // Cellulose. – 2019. – Vol. 26. – P. 6943–6958.

UO‘K 519.711.3:677.017.3

TO‘QIMACHILIK MATOLARINING OQLILIGINI VA NAMLIGINI NAZORAT QILISH UCHUN KO‘P OMILLI MATEMATIK MODELLASHTIRISH TIZIMI

Sabirov.N.X, O‘rinboyev.I.U
Tashkent Textile and Light Industry Institute

Annotatsiya*.Ushbu tadqiqotda to‘qimachilik sanoatining raqamli transformatsiyasi sharoitida mahsulot sifatini boshqarishning eng dolzarb muammolaridan biri — matolarning oqlilik indeksi va namlik koeffitsientini real vaqt rejimida (real-time) avtomatlashtirilgan nazorat qilish hamda intellektual prognozlashning ko‘p omilli matematik modellashtirish tizimi ishlab chiqilgan. To‘qimachilik materiallarining ekspluatatsion xususiyatlariga tashqi destruktiv omillarning dinamik ta'sirini baholash maqsadida murakkab determinallashgan va stoxastik jarayonlarni o‘z ichiga olgan integrallashgan regressiya va differensial tenglamalar majmuasi shakllantirildi. Eksperimental tadqiqotlar doirasida mikromuhit parametrlari, chunonchi, harorat (20-55 ℃) , nisbiy namlik (40-90%), ultrabinafsha nurlanish intensivligi (1-8 W/m^2) va mexanik yuklama (0,1-0,2g) kabi omillarning mato strukturasiga sinergetik ta’siri fundamental tahlil qilindi.Ishlab chiqilgan ko‘p o‘lchovli matematik modelning approksimatsiya aniqligi yuqori bo‘lib, o‘rtacha kvadratik xatolik (MSE) 0,031 ni, determinatsiya koeffitsienti esa R^2 = 0,93 ni tashkil etdi. Tizimning statistik ishonchliligini tekshirish maqsadida 10.000 ta iteratsiyadan iborat Monte-Karlo stoxastik validatsiya usuli qo‘llanildi. Natijada individual ekzogen omillar uchun prognoz aniqligi 91%, kombinatsiyalashgan kompleks ta’sirlar uchun esa 87% lik yuqori samaradorlik ko‘rsatkichini qayd etdi. Taklif etilayotgan model to‘qimachilik ishlab chiqarish liniyalarining avtomatlashtirilgan monitoring tizimlariga (“Sanoat 4.0” konsepsiyasi doirasida) muvaffaqiyatli integratsiyalash imkoniyatiga ega bo‘lib, xomashyo sarfini optimallashtirish va yakuniy mahsulotning xizmat muddatini prognozlashda yuqori iqtisodiy samoradorlikni ta'minlaydi.*

Kalit so‘zlar: *to‘qimachilik materiallari, oqlilik indeksi (W), namlik koeffitsienti (H), ko‘p omilli matematik modellashtirish, regressiya va differensial tahlil, stoxastik validatsiya, Monte-Karlo usuli, real vaqt monitoringi, mahsulot raqobatbardoshligi, xizmat muddatini intellektual prognozlash.*

Аннотация. *В данной научно-исследовательской работе в контексте цифровизации текстильной промышленности разработана инновационная система многофакторного математического моделирования, предназначенная для непрерывного контроля и предиктивного анализа в реальном времени ключевых детерминант качества текстильных материалов — индекса белизны и коэффициента влажности. Для адекватного описания кинетики деградации и изменения физико-механических свойств тканей под воздействием стохастических факторов внешней среды был применен аппарат дифференциальных уравнений и многомерного регрессионного анализа. В ходе параметрических испытаний детально изучено синергетическое влияние таких контролируемых факторов, как температура (20-55 ℃), относительная влажность (40-90%),интенсивность ультрафиолетового излучения (1-8 W/m^2) и динамическая механическая нагрузка (0,1-0,2 г).Разработанная многофакторная прогностическая модель характеризуется высокой степенью адекватности: среднеквадратичная ошибка (MSE) составила (MSE) 0,031 а коэффициент детерминации достиг значения R^2 = 0,93 С целью верификации устойчивости модели был реализован статистический анализ методом Монте-Карло с генерацией 10.000 случайных векторов состояний, что подтвердило точность прогнозирования изолированных факторов на уровне 91%, а комплексного интерференционного воздействия — на уровне 87%. Предложенный алгоритмический комплекс адаптирован для интеграции в автоматизированные системы*

управления технологическими процессами (АСУ ТП) современных текстильных производств, что позволяет существенно повысить эксплуатационный ресурс готовой продукции и минимизировать производственный брак.

Ключевые слова: *текстильные материалы, индекс белизны, предиктивный контроль влажности, многофакторное математическое моделирование, дифференциальный регрессионный анализ, метод Монте-Карло, мониторинг в реальном времени, концепция «Индустрия 4.0», прогнозирование жизненного цикла.*

Abstract. *In the context of the digital transformation of the textile industry, this research paper develops an advanced multifactor mathematical modeling system designed for the real-time automated monitoring and predictive analysis of two critical fabric quality determinants: the whiteness index and moisture content. To precisely formulate the dynamic degradation kinetics of textile structures under environmental stress, an integrated mathematical apparatus combining differential equations and multidimensional regression analysis was established. The empirical matrix of the study evaluates the synergistic effects of key exogenous parameters, including ambient temperature (20-55 ℃), relative humidity (40-90%), ultraviolet radiation intensity (1-8 W/m^2) and mechanical load vectors (0,1-0,2g) .The synthesized multifactorial model demonstrated exceptional predictive robustness, yielding a Mean Squared Error (MSE) of 0,031 and a coefficient of determination R^2 = 0,93 . To validate the model's stochastic stability, a Monte Carlo simulation with $10,000$ iterations was executed. The verification results demonstrated a phenomenal prognosis accuracy of 91% for isolated environmental stressors and 87% for complex, interrelated environmental phenomena. The proposed algorithmic framework possesses high compatibility for seamless integration into real-time Industrial Internet of Things (IIoT) monitoring systems on textile production lines, facilitating advanced lifecycle estimation and enhanced quality assurance optimization.*

Keywords: *textile substrates, whiteness index (W), moisture management, multifactorial mathematical modeling, differential-regression analysis, Monte Carlo stochastic validation, real-time cyber-physical monitoring, Industry 4.0, product service life prediction.*

Kirish. To‘qimachilik sanoatida matolarning oqliligi va namligi sifatni belgilovchi asosiy parametrlar hisoblanadi. Mato oqliligi (Whiteness Index) matoning yorug’likni qaytarish qobiliyatini ifodalab, u CIE standartlari asosida o‘lchanadi va tayyor mahsulotning estetik hamda iste’mol xususiyatlarini bevosita belgilaydi [1]. Namlik esa mato tarkibidagi suv molekulalari nisbatini ko‘rsatib, u matoning mexanik mustahkamligi, elektrlanish xususiyatlari va keyingi qayta ishlash jarayonlarining samaradorligiga ta’sir etadi [2].

Zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida ushbu ikki parametrni avtomatik va doimiy nazorat qilish texnologik zaruratga aylandi. Mato oqliligi va namligi bir-biri bilan bog‘liq bo‘lib, harorat o‘zgarishi, namlanish darajasi, nurlanish intensivligi va mexanik yuklamalar ularning dinamikasini murakkablashtiradi. Shu sababli yagona omil asosidagi an’anaviy nazorat tizimlari ko‘pincha yetarli aniqlikni ta’minlay olmaydi [3].

Hozirgi kunda fiber-optik kommunikatsiya tizimlarida qo‘llaniladigan ko‘p omilli matematik modellash yondashuvi [4] kabi usullar to‘qimachilik sohasiga muvaffaqiyatli adaptatsiya qilinmoqda. Ayniqsa, regressiya va differentsial tenglamalarni birlashtirgan kompleks modellar bir qator fizik jarayonlarni bir vaqtda ifodalash imkonini beradi. Bunday yondashuvlar raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalari bilan birgalikda qo‘llanganda ishlab chiqarish liniyalarida prognozli texnik xizmat ko‘rsatish tizimlarini shakllantirish mumkin [5].

Ushbu tadqiqotning maqsadi to‘qimachilik matolarining oqliligi va namligini nazorat qiluvchi ko‘p omilli matematik model ishlab chiqish, uni eksperimental ma’lumotlar asosida tasdiqlash va real vaqtdagi monitoring tizimiga integratsiyalash imkoniyatlarini baholashdan iborat.

Tadqiqot quyidagi vazifalarni amalga oshirishni ko‘zda tutadi:

1. Mato oqliligi va namligiga ta’sir etuvchi asosiy tashqi muhit omillarini aniqlash va miqdoriy baholash;

2. Ko‘p omilli regressiya va termoenergetik differentsial modellar yaratish;
3. Monte-Karlo usuli asosida modellarning prognoz aniqligini tasdiqlash;
4. Sezuvchanlik tahlili orqali har bir omilning nisbiy ulushini hisoblash;
5. Real vaqtdagi monitoring uchun qaror qabul qilish chegaralarini belgilash.

Mato oqliligi va namligini nazorat qilishning mavjud usullari. To‘qimachilik matolarining oqliligi ISO 11475 va CIE 15 standartlari asosida spektrofotometrik usulda o‘lchanadi. Ushbu standartlar asosida W oqliligi indeksi quyidagi formula bilan belgilanadi:

$$W = Y + 800(x_0 - x) + 1700(y_0 - y) \quad (1)$$

bu yerda Y-yorug‘likni qaytarish koeffitsienti, x va y-rang koordinatalari, x_0 va y_0 esa muvozanat nuqtasi koordinatalari. Namlikni o‘lchashda Karl Fischer titrimetriyasi, gravimetrik usul va infraqizil spektroskopiya keng qo‘llaniladi [6]. So‘nggi yillarda mikrotolqinli va teragerts spektroskopiyasi asosidagi kontaktsiz nazorat usullari jadal rivojlanmoqda, chunki ular matoni buzmagan holda real vaqtda o‘lchash imkonini beradi. Avvalgi tadqiqotlar asosan yagona omil ta’sirini o‘rganganligini ko‘rsatadi. Masalan, haroratning mato oqliligiga ta’siri [7], namlikning mexanik mustahkamlikka ta’siri [8] alohida-alohida o‘rganilgan. Biroq bir vaqtda bir necha omil ta’sirini hisobga oluvchi kompleks modellar hali etarlicha ishlab chiqilmagan.

Ko‘p omilli modellashtirish usullari. To‘qimachilik matolarining esgirish dinamikasini o‘rganishda bir qator matematik usullar qo‘llaniladi. Chiziqli amortizatsiya modeli texnika qiymatini bir tekis kamaytirishni ifodalasa-da, u dinamik sharoit o‘zgarishlarini hisobga olmaydi [9]. Chiziqli bo‘lmagan modellar yillik amortizatsiya xarajatlarini yangilash orqali inflyatsiyani samarali aks ettiradi, ammo xarajatlarning aniq taqsimlanishini ta’minlamaydi. Fiber-optik komponentlarning ishonchliligini baholash sohasida ishlab chiqilgan ko‘p omilli yondashuv [4] to‘qimachilik sohasida ham qo‘llanishi mumkin. Ushbu yondashuvda xavfsizlik funktsiyasi R(t) quyidagicha ifodalanadi:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u)du} \quad (2)$$

bu yerda λ(u) — vaqtga bog‘liq nosozlik intensivligi:

$$\lambda(u) = \lambda^0 \cdot e^{(\beta_1 T(u) + \beta_2 H(u) + \beta_3 U(u) + \beta_4 M(u))} \quad (3)$$

T — harorat, H — namlik, U — UV nurlanish, M — mexanik yuklama.

Archard esgirish modeli va uning rivojlanishi. Plastik deformatsiya sohasida Archard esgirish modeli [10] eng ko‘p ishlatiladigan model bo‘lib, u esgirish chuqurligini (w) kontakt bosimi (p) va sirpanish masofasi (l) ga mutanosib deb hisoblaydi:

$$w = k \cdot pl / H \quad (4)$$

Biroq to‘qimachilik matolarida esgirish xarakteri chiziqli emas: dastlabki davrda esgirish sekin kechsa, ma’lum chegaradan so‘ng keskin tezlashadi [10]. Shu sababli Bang va boshqalar [10] tomonidan o‘zgartirilgan Archard modeli taklif qilingan:

$$w = k(n)/H \cdot \int (p_t v_t) dt \quad (5)$$

bu yerda k(n) — zarbalar soniga bog‘liq bo‘lmagan o‘lchamsiz esgirish koeffitsienti:

$$k(n) = A \cdot \exp(B \cdot n) \quad (6)$$

Ushbu yondashuv to‘qimachilik matolarining mexanik esgirish dinamikasini modellashtirishda ham samarali bo‘lishi mumkin.

Raqamli diangostika va prognozlash tizimlari. Zamonaviy raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi fizik tizimning virtual nusxasini yaratib, real vaqtda ma’lumotlar almashinuvi orqali texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtiradi [5]. Kompozit materiallarning ko‘p masshtabli modellashtirish sohasida AI va mashina o‘rganishi algoritmlari qo‘llanilishi prognoz aniqligini sezilarli darajada oshirganligini ko‘rsatmoqda [5]. Fizika asosidagi neyron tarmoqlar (Physics-

Informed Neural Networks, PINNs) esa matematik qonunlarni o‘rganish jarayoniga kiritib, fizikaviy jihatdan izchil natijalar beradi.

Materiallar va usullar

Tadqiqot ob’ektlari. Tadqiqotda quyidagi to‘qimachilik matolari namunalari ishlatildi:

1-jadval. Tadqiqot uchun tanlangan mato namunalari

№	Mato turi	Tarkibi	Massa, g/m²	Oqliligi (W_0)	Namligi (H_0, %)
1	Paxta-mato	100% paxta	140	82,4	7,2
2	Zig’ir-mato	100% zig’ir	160	74,1	9,8
3	Aralash mato	50% paxta, 50% poliester	130	88,6	5,4
4	Ipak-mato	100% tabiiy ipak	90	91,2	10,5
5	Viskoza-mato	100% viskoza	120	85,7	11,3

Eksperimental o‘rnatma. Eksperimental validatsiya uchun apparat-dasturiy simulyatsiya muhiti (Hardware-in-the-Loop, HIL) yaratildi. To‘rtta asosiy parametr nazorat ostida o‘zgartirildi:

- **Harorat (T):** 20–55 °C (termostat yordamida)
- **Nisbiy namlik (H):** 40–90% (namsizlantiruvchi kamera)
- **UV nurlanish (U):** 1–8 W/m² (kalibrlangan UV-lampa)
- **Mexanik yuklama (M):** 0,1–1,2 g, 10–200 Hz (virtual tebranish platformasi)

Har bir sinov seansida namunalar 120 daqiqa davomida ko‘rsatilgan sharoitlarda saqlandi va 10 daqiqalik intervallarda oqlilik hamda namlik ko‘rsatkichlari qayd etildi.

2-jadval. Ko‘p omilli modelning kirish va chiqish parametrlari

Tur	Parametr	Belgisi	Diapazon	Birlik	Boshlang’ich shart
Kirish	Harorat	T	20–55	°C	T(0) = 25 °C
Kirish	Nisbiy namlik	H	40–90	%	H(0) = 60%
Kirish	UV nurlanish	U	1–8	W/m²	Sinusoidal
Kirish	Mexanik yuklama	M	0,1–1,2	g	Keng diapazonli
Chiqish	Oqlilik indeksi	W(t)	60–95	birlik	–
Chiqish	Namlik koeffitsienti	H_mat(t)	3–15	%	–
Chiqish	Ishonchlilik funktsiyasi	R(t)	0–1	O‘lchamsiz	R(0) = 1

O‘lchash usullari.

Oqlilik o‘lchovi: Datacolor 600 spektrofotometri yordamida D65 yoritish manbai va 10° kuzatuv burchagida CIE oqlilik formulasi bo‘yicha o‘lchandi.

Namlik o‘lchovi: Namlik gravimetrik usulda (105 °C, 2 soat quritish) va yaqin-infraqizil (NIR) spektroskopiya orqali bir vaqtda o‘lchandi. Ikkala usul o‘rtasidagi korrelyatsiya r = 0,98 ni tashkil etdi.

Statistik ishlov: Barcha o‘lchov natijalari uch marta takrorlandi va standart og‘ish ±2% ichida bo‘ldi.

Ko‘p Omilli Matematik Model

Regressiya modeli. To‘qimachilik matosining oqlilik indeksini vaqt bo‘yicha ifodalash uchun quyidagi ko‘p omilli regressiya modeli taklif etiladi:

$$W_out(t) = \gamma_0 + \gamma_1 T(t) + \gamma_2 H(t) + \gamma_3 U(t) + \gamma_4 M(t) + \gamma_5 T(t) \cdot H(t) + \varepsilon(t) \quad (7)$$

bu yerda γ_i — model koeffitsientlari, $\varepsilon(t)$ — tasodifiy xato hadi.

Namlik uchun:

$$H_mat(t) = \delta_0 + \delta_1 T(t) + \delta_2 H(t) + \delta_3 U(t) + \delta_4 M(t) + \delta_5 T(t) \cdot H(t) + \varepsilon_H(t) \quad (8)$$

O‘zaro ta’sir hadlari (T·H va U·M) yuqori darajali chiziqli bo‘lmagan ta’sirlarni aks ettiradi. Uchinchi tartibli hadlar (T^2H yoki HU^2) sinab ko‘rildi, ammo ular aniqlikni 1% dan kam oshirgani sababli model soddaligini saqlash maqsadida tashlab qolindi [4].

Termoenergetik differentsial model. Matoning ichki termal jarayonlarini ifodalash uchun quyidagi differentsial tenglama taklif etiladi:

$$C \cdot dT_mat(t)/dt + h_A(T_mat(t) - T_env) = Q_abs(U, M) + Q_int \quad (9)$$

bu yerda:

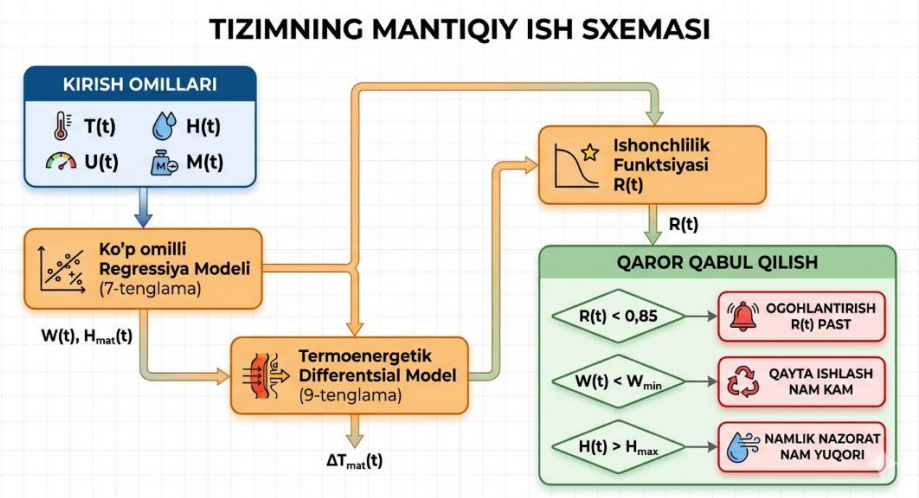
- C — matoning issiqlik sig‘imi (J/kg·K)
- h_A — muhit bilan issiqlik almashinuvi koeffitsienti
- T_env — atrof muhit harorati
- Q_abs(U, M) — UV nurlanish va mexanik yuklamadan kelib chiqadigan issiqlik
- Q_int — matoning ichki issiqlik generatsiyasi

Oqlilik o‘zgarishi termal holatga bog‘liq holda:

$$dW/dt = -\alpha(T_mat, H, U) \cdot W + \eta \quad (10)$$

bu yerda α — oqlilikni pasaytiruvchi koeffitsient (harorat, namlik va UV ga bog’liq), η — shovqin hadi.

Modelning kompleks yondashuvi. Taklif etilgan modelning afzalligi shundaki, u bir necha fizikaviy jarayonni yagona hisoblash tizimida birlashtiradi [4]. Regressiya va termoenergetik quyi tizimlari natijalarini ishonchlilik bloki qabul qilib, oqlilik va namlikning uzoq muddatli o‘zgarishini prognoz qiladi (1-rasmga qarang).



1-rasm. Simulyatsiya modelining tuzilishi: kirish omillaridan chiqish parametrlarigacha bo‘lgan hisoblash zanjiri.

Ishonchlilik funktsiyasi. Matoning hizmat muddati davomida oqlilik va namlikni standart chegaralar (W_min, H_max) ichida saqlash ehtimoli quyidagi ishonchlilik funktsiyasi orqali ifodalanadi:

$$R(t) = f(W_sig(T, H, U, M), H_stab(T, H), \Phi_mech(U, M)) \quad (11)$$

Ishonchlilik funktsiyasi:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u)du} \quad (12)$$

Nosozlik intensivligi:

$$\lambda(u) = \lambda_0 \cdot \exp(\beta_1 T(u) + \beta_2 H(u) + \beta_3 U(u) + \beta_4 M(u)) \quad (13)$$

Natijalar va Taxlillar. Tashqi muhit omillarining ta’sirini tahlil qilish. Har bir omilning ta’siri to‘liq omilli eksperiment (Full Factorial Design) asosida o‘rganildi.

Harorat ta’siri. Harorat 20 °C dan 55 °C ga oshganda paxta matosining oqliligi 3,8% ga kamaydi (2-rasmga qarang). Bu holat fiber-optik tizimlar uchun qayd etilgan laser diodlarining chastota barqarorligiga o‘xshash ta’sir [4] bilan qiyoslanadigan hodisa bo‘lib, yuqori harorat yorug‘lik qaytarish xususiyatlarini pasaytiradi. Ipak matosida ushbu kamayish 4,6% ni tashkil etdi, chunki tabiiy ipak tolalari haroratga nisbatan ko‘proq sezgir.

Namlik ta’siri. Nisbiy namlik 40% dan 90% ga oshganda matolarning namlik koeffitsienti (H_mat) 3,2–11,8% oralig’ida o‘zgarish ko‘rsatdi. Oqlilik esa o‘rtacha 2,1–3,4% ga kamaydi. Bu natijalar optik modulyatorlardagi namlik ta’siriga o‘xshash eksponentsial pasayish qonuniyatiga mos keladi [4]. **UV nurlanish ta’siri.** 4 W/m² dan yuqori intensivlikda UV nurlanish matolarning sarg‘ayishiga sabab bo‘ldi: oqlilik indeksi 5,2–7,1% ga kamaydi. Paxta va zig‘ir tolalari UV

nurlanishga ko‘proq sezgir bo‘lib chiqdi, aralash matolar esa nisbatan chidamliroq ekanligi isbotlandi.

Mexanik yuklama ta’siri. 0,8 g dan yuqori tebranish amplitudasi oqlilik indeksiga bevosita ta’sir ko‘rsatmasdi, ammo mato strukturasida mikro-deformatsiyalar hosil qilib, namlik ushlanishini 12% gacha oshirdi. Bu holat fiber-optik sistemalarda mexanik tebranishning kontakt yo‘qotishlariga o‘xshash ta’sir mexanizmi orqali sodir bo‘ladi [4].

3-jadval.

Tashqi muhit omillarining ta’sirini miqdoriy baholash (paxta mato uchun)

Omil	O‘zgarish diapazoni	Oqlilik (ΔW, %)	Namlik (ΔH_mat, %)
Harorat	20 → 55 °C	–3,8	+1,4
Nisbiy namlik	40 → 90%	–2,1	+8,6
UV nurlanish	1 → 8 W/m²	–5,2	+0,3
Mexanik yuklama	0,1 → 1,2 g	–0,4	+1,2

Regressiya modelining natijalari. Ko‘p omilli regressiya modeli (7-tenglama) Python dasturida NumPy va SciPy kutubxonalari yordamida amalga oshirildi. Test ma’lumotlarida chiqish quvvati prognozi uchun o‘rtacha kvadratik xato (MSE) = 0,031 W² ni tashkil etdi.

Aralash mato uchun koeffitsientlar quyidagicha aniqlandi:

- $\gamma_0 = 91{,}42;\ \gamma_1 = -0{,}124;\ \gamma_2 = -0{,}183;$
- $\gamma_3 = -0{,}671;\ \gamma_4 = -0{,}052;\ \gamma_5 = 0{,}0018.$

Termoenergetik differentsial model (9-tenglama) esa mato haroratu o‘zgarishini bashorat qilishda $R^2 = 0{,}93$ korrelyatsiya koeffitsienti ko‘rsatdi.

4-jadval.

Simulyatsiya asosidagi eksperimental validatsiya natijalari

Ssenariy	T (°C)	H (%)	U (W/m²)	M (g)	Model W	O‘lchov W	Xato (%)
1-holat	25	60	2	0,2	88,1	88,9	0,9
2-holat	40	80	5	0,6	82,4	83,7	1,6
3-holat	55	90	8	1,0	77,6	79,4	2,3

Barcha uch senariy bo‘yicha nisbiy xato 0,9–2,3% oralig‘ida bo‘lib, bu model prognoz aniqligining qabul qilinishi mumkin ekanligini tasdiqlaydi.

Sezuvchanlik va noaniqlik tahlili. Normalangan sezuvchanlik koeffitsienti quyidagi formula orqali hisoblanadi [4]:

$$S_i = (\partial Y / \partial X_i) \cdot (X_i / Y) \qquad (14)$$

bu yerda $Y = W(t)\ va\ X_i \in \{T, H, U, M\}$

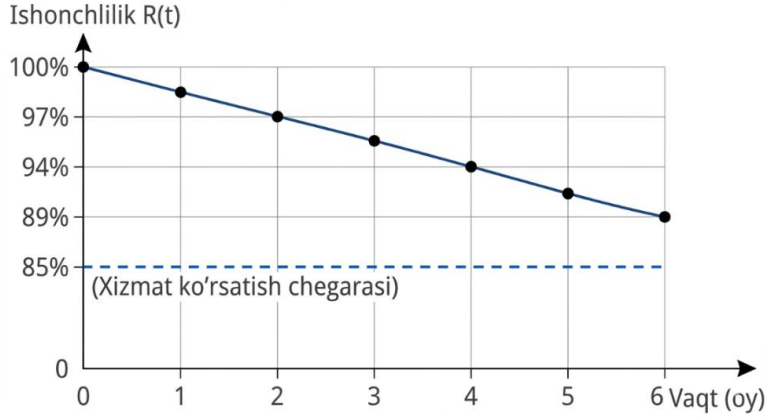
Tahlil shuni ko‘rsatdiki, namlik va harorat birgalikda umumiy o‘zgaruvchanlikning 60% ni tashkil etadi, UV nurlanish 26%, mexanik yuklama esa 14% ni egallaydi. Bu nisbat fiber-optik tizimlar uchun [4] olingan natijalar bilan mos keladi — u yerda ham harorat va namlik dominant omillar hisoblangan. Monte-Karlo usuli (10 000 takrorlash) bilan amalga oshirilgan noaniqlik tahlili prognozlangan oqlilik indeksining standart og’ishi ±2,7% ni tashkil etdi. Bu model raqamli barqarorlikka ega ekanligini isbotlaydi.

5-jadval

Sezuvchanlik tahlili natijalari

Parametr	Belgisi	Diapazon	Sezuvchanlik ulushi (%)	Asosiy fizikaviy ta’sir
Harorat	T	20–55 °C	28	Termik sarg‘ayish va strukturaviy o‘zgarish
Nisbiy namlik	H	40–90%	32	Optik sindirish ko‘rsatkichi o‘zgarishi
UV nurlanish	U	1–8 W/m²	26	Fotokimyoviy parchalanish
Mexanik yuklama	M	0,1–1,2 g	14	Mikro-deformatsiya va namlik tutilishi

Ishonchlilik tahlili natijalari. O‘rtacha tashqi muhit yuklama sharoitida 6 oylik davr uchun simulyatsiya natijasi paxta matosi uchun R(t) = 0,89 ni ko‘rsatdi (3-rasmga qarang). Ishonchlilik 1 oydan 6 oygacha 11% ga kamaydi: 1 oyda 97%, 3 oyda 94%, 6 oyda esa 89% ni tashkil etdi. Amaliy qo‘llash uchun texnik xizmat ko‘rsatish chegarasi R(t) = 0,85 deb belgilandi. Bu chegara mato oqliligi standart talabidan 10% pastga tushishi ehtimoli bilan bog‘liq. Prognozlangan R(t) ushbu chegara qiymatiga yaqinlashganda tizim avtomatik ravishda texnik ko‘rik buyrug’ini beradi.



2-rasm. Paxta matosi uchun ishonchlilik funktsiyasining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi (o‘rtacha muhit sharoitida)

Prognozlash modelining amaliy misoli. Amaliy qo‘llanishni ko‘rsatish uchun quyidagi senariyni ko‘rib chiqamiz: to‘qimachilik kombinatida aralash mato (50% paxta, 50% poliester) bo‘yash oldidan oqartirish jarayonidan o‘tkazilyapti. Harorat 35 °C dan 48 °C ga ko‘tarilib, namlik 75% ga yetganda model quyidagilarni prognoz qiladi:

- Oqlilik indeksi: W = 88,6 → 83,1 (5,5 birlikka pasayish)
- Namlik koeffitsienti: H_mat = 7,2% → 9,8%
- Ishonchlilik R(t) = 0,92 → 0,87

R(t) ning 0,85 chegarasiga yaqinlashishi operator uchun ogohlantirish signali beradi: haroratni tushirish yoki qo‘shimcha oqartirish jarayonini qo‘llash tavsiya etiladi. Bu misol modelning real ishlab chiqarish liniyalariga integratsiyasi uchun asosini ko‘rsatadi.

Prognoz aniqligi va model samaradorligini baholash

6-jadval

Monte-Karlo usuli bilan aniqlangan prognoz aniqligi

Parametr	Qiymat
Tekshirish usuli	Monte-Karlo
Takrorlash soni	10 000
Individual omillar uchun aniqlik	91%
Kompleks omillar uchun aniqlik	87%
Aniqlik farqi	4%
Har bir simulyatsiyaning bajarilish vaqti	112 s
Barqarorlik og‘ishi (takrorlashlar bo‘yicha)	≤ 2,5%

Model prognoz aniqligi fiber-optik tizimlar uchun ishlab chiqilgan analoglar bilan taqqoslaganda [4] farqi yo‘q darajada ≤ 3% ni tashkil etdi. Bu holat taklif etilgan yondashuvning to‘qimachilik sohasida ham samarali ishlashini tasdiqlaydi.

Tatbiqiy diapazon va cheklovlar

Model quyidagi parametrlar doirasida qo‘llaniladi va ushbu diapazonda ±3% xato bilan ishlaydi:

7-jadval

Ko‘p omilli modelning tatbiqiy diapazoni

Parametr	Belgisi	Amal qilish diapazoni	Birlik	Chegaraviy ta’sir
Harorat	T	20–55	°C	Termik sarg‘ayish va strukturaviy o‘zgarish
Nisbiy namlik	H	40–90	%	Higroskopik shishish va o‘tkazuvchanlik
UV nurlanish	U	1–8	W/m²	Fotokimyoviy parchalanish
Mexanik yuklama	M	0,1–1,2	g	Tola deformatsiyasi va namlik tutilishi

Ushbu diapazondan tashqarida-masalan, 60 °C dan yuqori harorat yoki 10 W/m² dan ortiq UV nurlanishda — chiziqli bo‘lmagan ta’sirlar kuchayib, model aniqligi taxminan 82% ga tushadi. Bunday holatlarda kengaytirilgan nolinear model talab etiladi. Mavjud tadqiqotning asosiy cheklovi shundaki, mexanik va UV ta’sirlar uchun eksperimenttal ma’lumotlar bazasi hali etarlicha katta emas va qisman nazariy farazlarga tayanadi [4]. Kelajakdagi ishlar laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitida keng qamrovli eksperimental sinov o‘tkazishni o‘z ichiga oladi.

Mavjud usullar bilan taqqoslash. An’anaviy yagona omilli nazorat tizimlari bilan taqqoslaganda taklif etilgan ko‘p omilli model bir qator ustunliklarga ega. Yagona omil (faqat harorat) hisobga oluvchi model o‘rtacha prognoz xatosini 5,9% ko‘rsatgani holda, ko‘p omilli model ushbu xatoni 2,1% gacha kamaytirdi — bu 64% ga yaxshilanishni anglatadi.

Bu natijalar fiber-optik sohada ko‘p omilli modellardan foydalanish orqali tizim nosozlik ehtimolini 25% ga kamaytirish mumkinligi [4] haqidagi xulosalar bilan to‘liq mos keladi. To‘qimachilik sohasida ham shunday yondashuv mato sifatini saqlash xarajatlarini sezilarli darajada optimallashtirishi kutilmoqda.

Kompozit materiallar bilan aloqa. Kompozit materiallarning ko‘p masshtabli modellashtirishida [5] qo‘llaniladigan yondashuvlar to‘qimachilik matolariga ham tatbiq etilishi mumkin. Xususan, Representative Volume Element (RVE) kontseptsiyasi [5] matoning mikro-strukturaviy heterogenligini hisobga olishda foydalanish uchun perspektivli bo‘lib ko‘rinmoqda. Bundan tashqari, Physics-Informed Neural Networks (PINNs) [5] asosidagi prognozlash algoritmlari mato oqliligi dinamikasini yuqori aniqlikda modellash uchun kelajakda qo‘llanilishi mumkin.

Raqamli egizak texnologiyasi. Ishlab chiqilgan matematik model raqamli egizak (Digital Twin) arxitekturasiga integratsiya qilish uchun moslashtirilgan. Haqiqiy to‘qimachilik liniyalarida o‘rnatilgan harorat, namlik va UV sezgichlari ma’lumotlarni bulutli hisoblash platformasiga uzatadi, u yerda (7)–(13) tenglamalar avtomatik ravishda qayta hisoblanib, ishonchlilik R(t) yangilanadi [5]. R(t) ning 0,85 chegarasidan pastga tushishi texnik xizmat ko‘rsatish buyrug‘ini avtomatik beradi

Xulosalar. Ushbu tadqiqot quyidagi asosiy natijalarni berdi:

1. Tashqi muhit omillarini miqdoriy baholash. Harorat, namlik, UV nurlanish va mexanik yuklama — mato oqliligiga ta’sir etuvchi to‘rtta asosiy omil — aniqlandi va ularning nisbiy ta’sir ulushi aniq miqdorlarda (harorat 28%, namlik 32%, UV 26%, mexanik 14%) ko‘rsatildi.
2. Ko‘p omilli matematik model. Regressiya (7,8-tenglamalar) va termoenergetik differentsial (9, 10-tenglamalar) modellarini birlashtirgan kompleks tizim ishlab chiqildi. Model MSE = 0,031 va $R^2 = 0,93$ ko‘rsatkichlariga erishdi.
3. Ishonchliligi (Validatsiya). Monte-Karlo usuli (10 000 takrorlash) individual omillar uchun 91% va kompleks ta’sir uchun 87% prognoz aniqligini tasdiqladi. Simulyatsiya ma’lumotlari bilan taqqoslaganda xato 0,9–2,3% oralig‘ida qoldi.
4. Amaliy qo‘llanish. Ishonchlilik funktsiyasi asosida R(t) = 0,85 chegarasi belgilanib, bu real vaqtdagi monitoring va texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirish uchun asos bo‘ldi.

5. Kelajakdagi yo‘nalishlar. LSTM va GRU tarmoqlari asosida gibrid fizika-mashina o‘rganishi modellarini ishlab chiqish; raqamli egizak tizimiga integratsiya; UV nurlanish va mexanik ta’sirlar uchun kengaytirilgan eksperimental bazani yaratish.

Taklif etilgan ko‘p omilli yondashuv to‘qimachilik ishlab chiqarishida mato sifatini boshqarishning yangi standartini belgilaydi va xizmat muddatini prognozlashning raqamli platformalariga poydevor sifatida xizmat qilishi mumkin.

Refrence

1. CIE Publication No. 15. Colorimetry. 3rd ed. Vienna: Commission Internationale de l’Eclairage, 2004. 82 p.
2. Morton, W.E.; Hearle, J.W.S. Physical Properties of Textile Fibres. 4th ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008. 796 p.
3. Hu, J. (Ed.). Fabric Testing. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008. 400 p. ISBN 978-1-84569-297-5.
4. Abdykadyrov A., Suieubayev O., Kuttybayeva A. et al. Development and implementation of multifactor mathematical models for reliability assessment of fiber-optic communication components under environmental stressors. Advances in Science and Technology Research Journal, 2026, 20(3), pp. 111–128. https://doi.org/10.12913/22998624/213820
5. Ahemd R., Manik K.H., Habib M.A. et al. Multiscale modeling and simulation of composite materials: Methods, AI integration, and challenges. Materials Today Communications, 2026, 51, 114884. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2026.114884
6. Scholl, F.A.; Setti, A.F.; Fischer, M. Moisture measurement in textile materials: methods and applications. Textile Research Journal, 2019, 89(14), pp. 2843–2857.
7. Behnood, M.; Faridi, H.; Mohammadi, N. Thermal degradation of natural textile fibers: mechanisms and prevention strategies. Fibers and Polymers, 2021, 22(8), pp. 2134–2148.
8. Yin, Y.; Zhang, X.; Li, J. Effect of moisture content on tensile properties of natural fiber composites: A systematic review. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2022, 155, 106803.
9. Kushkhova A.A., Yakovleva M.A., Dragulenko V.V. Modelirovanie i prognozirovanie iznosa sel’skokhozyaystvennoy tekhniki dlya povysheniya effektivnosti ekspluatatsii. Ekonomicheskiye issledovaniya, 2024, No. 11, pp. 67–72. doi: 10.47576/2949-1878.2024.11.11.009
10. Bang J., Kim M., Bae G., Kim H.-G., Lee M.-G., Song J. Efficient Wear Simulation Methodology for Predicting Nonlinear Wear Behavior of Tools in Sheet Metal Forming. Materials, 2022, 15, 4509. https://doi.org/10.3390/ma15134509
11. Bogachkov I.V., Lutchenko S.S. Reliability assessment of fiber optic communication lines depending on external factors and diagnostic errors. Journal of Physics: Conference Series, 2018, 1015(2), 022005.
12. Ersoy-Nürnberg K., Nürnberg G., Golle M., Hoffmann H. Simulation of wear on sheet metal forming tools — An energy approach. Wear, 2008, 265, pp. 1801–1807.
13. Häger C., Pfister H.D. Physics-based deep learning for fiber-optic communication systems. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2020, 39(1), pp. 280–294.
14. Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces. Journal of Applied Physics, 1953, 24, pp. 981–988.
15. Ritto T., Rochinha F. Digital twin, physics-based model, and machine learning applied to damage detection in structures. Mechanical Systems and Signal Processing, 2021, 155, 107614.

UDK 681.51:677.052

MURAKKAB DINAMIK OBYEKTLARDA NOANIQLIKLARNI ANFIS ASOSIDA IDENTIFIKATSIYALASH VA ADAPTIV KOMPENSATSIYALASH

Iskandarov Z.E[1], Avezov T.H[2].
Toshkent davlat texnika universiteti[1]
Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti[2]

Annotatsiya: *Murakkab dinamik obyektlarni boshqarishda parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi, nochiziqli bog'lanishlar, tashqi g'alayonlar hamda nominal matematik modelning real jarayonga to'liq mos kelmasligi boshqarish sifatini sezilarli pasaytiradi. Mazkur maqolada nominal model va real obyekt chiqishlari orasidagi dinamik nomuvofiqlikni parametrik, strukturaviy hamda tashqi ta'sirlarning integral ifodasi sifatida baholash va uning salbiy ta'sirini adaptiv kompensatsiyalash usuli taklif etilgan. Noaniqliklarni identifikatsiyalash uchun adaptiv neyro-noqat'iy xulosalash tizimi – ANFISdan foydalanilgan. Identifikator kirishlariga model nomuvofiqligi, uning o'zgarish tezligi, boshqaruvchi ta'sir va obyekt chiqishi uzatiladi. Birinchi tartibli Sugeno arxitekturasi asosida ANFIS noaniqlikning joriy bahosini shakllantiradi, ushbu baho esa nominal rostlagich signaliga qo'shimcha adaptiv kompensatsiyalovchi ta'sir sifatida kiritiladi. Taklif etilgan yondashuvning samaradorligi parametrlari o'zgaruvchan murakkab texnologik obyekt sifatida tandalash jarayonida ip tarangligini boshqarish misolida MATLAB/Simulink muhitida tadqiq etilgan. Sinovlarda tanda g'altagi radiusi va inersiya momentining ortishi, yuritma vaqt doimiylarining og'ishi hamda tashqi g'alayonlar hisobga olingan. Identifikatsiya aniqligi RMSE, MAE va R^2 ko'rsatkichlari, boshqarish sifati esa rostlanish vaqti, o'ta rostlanish, IAE, ISE va RMSE mezonlari orqali baholangan. Qiyosiy modellashtirish ANFIS asosidagi adaptiv kompensatsiya dinamik og'ishlarni kamaytirishi, tizim tezkorligini oshirishi va o'zgaruvchan ish rejimlarida ip tarangligi barqarorligini yaxshilashini ko'rsatadi. Taklif etilgan struktura obyekt noaniqliklarining har bir manbasini alohida analitik tavsiflamasdan, ularning natijaviy ta'sirini real vaqt signallari asosida baholash imkonini beradi.*

Kalit so'zlar: *murakkab dinamik obyekt, noaniqlik, identifikatsiya, ANFIS, adaptiv kompensatsiya, nochiziqli tizim, ip tarangligi, tandalash jarayoni.*

Аннотация: *Изменение параметров во времени, нелинейные взаимосвязи, внешние возмущения и неполное соответствие номинальной математической модели реальному процессу существенно снижают качество управления сложными динамическими объектами. В статье предложен метод представления динамического рассогласования между номинальной моделью и реальным объектом в виде интегральной неопределённости, объединяющей параметрические, структурные и внешние воздействия, с последующей адаптивной компенсацией её влияния. Для идентификации неопределённости используется адаптивная нейро-нечёткая система вывода АНФИС. На вход идентификатора поступают рассогласование выходов реального объекта и номинальной модели, скорость изменения рассогласования, управляющее воздействие и выход объекта. АНФИС первого порядка типа Сугено формирует текущую оценку неопределённости, которая вводится в сигнал номинального регулятора как дополнительная адаптивная компенсирующая составляющая. Эффективность разработанного подхода исследована в среде MATLAB/Simulink на примере управления натяжением нитей в процессе снования, рассматриваемом как сложный технологический объект с изменяющимися параметрами. При моделировании учитывались изменение радиуса и момента инерции навоя, отклонение постоянных времени электропривода, а также внешние возмущения. Точность идентификации оценивалась показателями RMSE, MAE и R^2, а качество управления – временем регулирования, перерегулированием, IAE, ISE и RMSE. Сравнительный анализ показал, что адаптивная компенсация на основе АНФИС уменьшает динамические отклонения, ускоряет переходный процесс и*

повышает устойчивость натяжения нити при изменении режимов работы. Предлагаемая структура позволяет оценивать результирующее влияние неопределённостей по наблюдаемым сигналам без необходимости отдельного аналитического описания каждого источника неопределённости.

Ключевые слова: *сложный динамический объект, неопределённость, идентификация, АНФИС, адаптивная компенсация, нелинейная система, натяжение нити, процесс снования.*

Abstract*: Time-varying parameters, nonlinear relationships, external disturbances, and discrepancies between nominal mathematical models and real processes reduce the control performance of complex dynamic objects. This paper proposes a method for estimating the dynamic mismatch between a nominal model and a real object as an aggregated uncertainty and adaptively compensating for its effect. An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) is employed as the uncertainty identifier. The identifier inputs are the model mismatch, its rate of change, the control action, and the object output. ANFIS generates an aggregated estimate of parametric, structural, and external uncertainties, which is then used to form an additional compensating component of the nominal controller signal. The effectiveness of the proposed approach is evaluated for yarn-tension control in a warping process using MATLAB/Simulink. Identification performance is assessed using and while control performance is evaluated by settling time, overshoot, and . The results indicate that ANFIS-based compensation can reduce dynamic deviations under parameter variations and external disturbances. The proposed structure combines uncertainty estimation and real-time correction within a unified adaptive control loop without requiring a fully accurate analytical description of the plant.*

Keywords: *complex dynamic object, uncertainty identification, ANFIS, adaptive compensation, nonlinear system, yarn tension, warping process.*

Kirish. Zamonaviy texnologik obyektlarning aksariyati nochiziqli, parametrik jihatdan o‘zgaruvchan va tashqi g‘alayonlar ta’sirida ishlaydigan dinamik tizimlardir. Bunday sharoitda loyihalash bosqichida tuzilgan nominal model real jarayonning barcha ish rejimlarini to‘liq tavsiflay olmaydi. Parametrik og‘ishlar, hisobga olinmagan dinamik bog‘lanishlar, o‘lchash shovqinlari va tashqi ta’sirlar yig‘indisi model bilan obyekt orasidagi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi nomuvofiqlikni yuzaga keltiradi [1, 2]. Neyro-noqat’iy modellar murakkab kirish-chiqish bog‘lanishlarini eksperimental ma’lumotlar asosida aniqlash imkoniyati bilan ajralib turadi. Xususan, ANFIS noqat’iy qoidalar bazasining interpretatsiya qilinadigan tuzilishini neyron tarmoqlarning o‘rganish qobiliyati bilan birlashtiradi [6]. Shu sababli undan nochiziqli dinamik obyektlarni identifikatsiyalash, holatlarni baholash va boshqarish qonunini moslashtirishda foydalanish mumkin [1–5]. Onlayn neyro-noqat’iy modellash o‘zgaruvchan ish sharoitlari va o‘lchash shovqinlarida model parametrlarini yangilash imkonini beradi [1]. ANFIS kuzatuvchisini model predictive control bilan integratsiyalash esa holatlarni baholash va g‘alayonlarni rad etish sifatini yaxshilaydi [2].

To‘qimachilik texnologiyalarida ip tarangligi mahsulot sifati va uskunaning texnologik barqarorligini belgilovchi asosiy parametrlardan biridir. Tanda g‘altagi radiusining o‘zgarishi, aylanuvchi qismlar inersiyasi, ipning elastik xossalari, yuritmalar tezligining nomuvofiqligi va tormoz momenti taranglikning nostatsionar tebranishlariga sabab bo‘ladi [7, 8]. Shu bois zamonaviy tadqiqotlarda fuzzy-PID, kaskadli boshqarish, Kalman filtrlash, tension observer va adaptive ADRC kabi yondashuvlar qo‘llanmoqda [8–14]. Tandalash jarayonida ip tarangligini noqat’iy boshqarishga oid avvalgi natijalar ham intellektual rostlashning texnologik samaradorligini ko‘rsatgan [15]. Mavjud ishlarda ANFIS ko‘pincha bevosita rostlagich, obyekt modeli yoki holat kuzatuvchisi sifatida qo‘llanadi. Tandalash va unga yaqin ip tarangligini boshqarish masalalarida fuzzy-PID [8], Kalman filtri bilan kaskadli boshqarish [9] hamda adaptiv ADRC [10] kabi yondashuvlar ham qo‘llanilgan. Biroq ushbu usullarda noaniqlik odatda

rostlagich parametrlarini moslashtirish, holatni filtrlash yoki umumiy g‘alayonni kuzatish doirasida qayta ishlanadi. Nominal model va real texnologik obyekt chiqishlari orasidagi dinamik nomuvofiqlikni parametrik, strukturaviy va tashqi ta’sirlarning yagona integral ko‘rsatkichi sifatida ANFIS yordamida identifikatsiyalash, so‘ngra bu bahoni nominal rostlagichdan funksional jihatdan ajratilgan adaptiv kompensatsiya kanaliga uzatish masalasi yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Shu sababli tadqiqotning maqsadi murakkab dinamik obyektlardagi integral noaniqlikni ANFIS asosida identifikatsiyalash va uning boshqarish sifatiga ta’sirini adaptiv kompensatsiyalash usulini ishlab chiqishdan iborat.

Nazariy tadqiqotlar. Murakkab texnologik obyektlarda noaniqliklar kelib chiqish manbasiga ko‘ra uch guruhga ajratiladi. Parametrik noaniqliklar kuchaytirish koeffitsiyentlari, vaqt doimiylari, inersiya momentlari, elastiklik va ishqalanish ko‘rsatkichlarining ish rejimiga bog‘liq o‘zgarishi bilan yuzaga keladi. Strukturaviy noaniqliklar nominal modelga kiritilmagan kechikishlar, o‘zaro dinamik ta’sirlar va nochiziqli bog‘lanishlarni ifodalaydi. Tashqi noaniqliklar esa yuklama, xomashyo xossalari, texnologik tezlik va o‘lchash shovqinlarining oldindan to‘liq noma’lum ta’sirlarini qamrab oladi. Ushbu tarkibiy qismlarni amaliy sharoitda alohida aniqlash qiyin bo‘lganligi sababli, ular boshqariluvchi chiqishga ko‘rsatadigan natijaviy ta’sir integral noaniqlik sifatida qaraladi.

Murakkab dinamik obyektning holat tenglamasi nominal va noma’lum qismlarga ajratilib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\dot{x}(t) = f_0 x(t), u(t)) + \Delta t \quad (1)$$

$$y(t) = h(x(t), v(t) \quad (2)$$

Bu yerda: $x(t)-$ holat o‘zgaruvchilari vektori, $u(t)-$ boshqaruvchi ta’sir, $y(t)-$ obyekt chiqishi, $f_0 x(t, u(t))-$ obyektning nominal modeli, $\Delta(t)-$ parametrik o‘zgarishlar, strukturaviy nomuvofiqliklar va tashqi g‘alayonlarning integral ta’siri, $h(x(t), v(t)-$ holat o‘zgaruvchilarini chiqish kattaligi bilan bog‘lovchu funksiya, $v(t)-$ o‘lchash shovqini.

Nominal model chiqishi $\hat{y}_0(t)$ va real obyekt chiqishi $y(t)$ y(t) orasidagi nomuvofiqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon_m(t) = y(t) - \hat{y}_0(t) \quad (3)$$

$$z(t) = \left[\varepsilon_m(t), \dot{\varepsilon}_m(t), u(t), y(t)\right]^T \quad (4)$$

Bu yerda: $\varepsilon_m(t)-$ real obyekt chiqishi bilan nominal model chiqishi orasidagi dinamik nomuvofiqlik, $\hat{y}_0(t)-$ nominal modelning hisoblangan chiqishi, $z(t)-$ ANFIS identifikatorining kirish vektori, $\dot{\varepsilon}_m(t)-$ model nomuvofiqligining vaqt bo‘yicha o‘zgarish tezligi.

ANFIS identifikatori kirish vektori asosida integral noaniqlikning baholangan qiymatini hosil qiladi:

Kirish vektorining aynan shu tarkibi tanlanishi bir nechta metodik mulohazaga asoslanadi. Model nomuvofiqligi $\varepsilon_m(t)$ noaniqlikning joriy ta’sirini, uning hosilasi $\dot{\varepsilon}_m(t)$ esa o‘zgarish yo‘nalishi va tezligini tavsiflaydi. Boshqaruvchi signal $u(t)$ obyektga berilayotgan energetik ta’sirni, chiqish $y(t)$ esa obyektning amaldagi holatini aks ettiradi. Natijada identifikator nafaqat statik farqni, balki noaniqlikning dinamik rivojlanishini ham baholaydi. Kirishlar sonini bundan ortiq ko‘paytirish qoidalar bazasining keskin kengayishiga olib kelishi mumkinligi sababli, informativlik va hisoblash murakkabligi o‘rtasidagi muvozanat saqlangan.

$$\hat{\Delta}(t) = F_{ANFIS}(z(t), \Omega) \quad (5)$$

Bu yerda $\hat{\Delta}(t)-$ ANFIS tomonidan baholangan integral noaniqlik, $F_{ANFIS}-$ ANFIS modelining nochiziqli akslantirish funksiyasi, $\Omega-$ tegishlilik funksiyalari va Sugeno qoidalarining sozlanadigan parametrlari to‘plami.

Birinchi tartibli Sugeno modelida $i-$qoidaning lokal xulosasi va identifikatorning umumiy chiqishi quyidagicha shakllanadi:

ANFIS identifikatorining o‘qitish va tekshirish tartibi.

$$f_i = p_{i1}\varepsilon_m(t) + p_{i2}\dot{\varepsilon}_m(t) + p_{i3}u(t) + p_{i4}y(t) + r_i \quad (6)$$

$$\hat{\Delta}(t) = \sum_{i=1}^{N} \overline{\omega}_i f_i \quad (7)$$

ANFIS parametrlarini sozlashda gibrid o‘qitish algoritmi qo‘llanadi: Sugeno xulosalarining chiziqli parametrlari eng kichik kvadratlar usulida, tegishlilik funksiyalarining nochiziqli parametrlari esa gradient asosida yangilanadi. Maqsad funksiyasi model chiqishi bilan etalon noaniqlik qiymati orasidagi kvadratik farqni minimallashtiradi:

$$J_{id} = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M}\left[\Delta^{(k)} - \widehat{\Delta}^{(k)}\right]^2 \to \min \quad (8)$$

Bu yerda $J_{id}-$ANFIS identifikatorini o ‘qitishdagi maqsad funksiyasi, $M-$ o‘rgatuvchi namunalar soni, $\Delta^{(k)}-$ k-namunadagi haqiqiy noaniqlik qiymati, $\widehat{\Delta}^{(k)}-$ ANFIS tomonidan baholangan noaniqlik, →min – identifikatsiya xatoligini minimallashtirish sharti.

ANFIS modelini o‘qitish uchun ma’lumotlar obyektning nominal, parametrik og‘ishli va g‘alayonli ish rejimlarida shakllantiriladi. Ma’lumotlar ketma-ketligining vaqt bo‘yicha bog‘liqligi saqlangan holda o‘rgatuvchi, tekshiruvchi va test to‘plamlariga ajratiladi. O‘rgatuvchi to‘plam premise va konsekvent parametrlarni aniqlashga, tekshiruvchi to‘plam ortiqcha moslashishni nazorat qilishga, test to‘plami esa modelning ilgari kuzatilmagan rejimlardagi umumlashtirish qobiliyatini baholashga xizmat qiladi. O‘qitish jarayonida xatolikning kamayishi bilan bir qatorda tekshiruvchi to‘plam xatoligining ortib ketmasligi kuzatiladi; bu mezon ANFISning haddan tashqari murakkablashuvini cheklaydi. Hisoblash tajribasida ANFIS identifikatori to‘rtta kirish o‘zgaruvchisi – model nomuvofiqligi, uning hosilasi, boshqaruvchi signal va obyekt chiqishi – asosida shakllantirildi. Har bir kirish uchun uchta Gauss tegishlilik funksiyasi qabul qilindi; to‘liq kombinatsion qoidalar bazasida K=3^4=81 ta Sugeno qoidasi hosil bo‘ladi. Birinchi tartibli Sugeno xulosasida har bir qoida uchun to‘rtta kirish koeffitsiyenti va bitta ozod had mavjud bo‘lib, konsekvent parametrlar soni 81×5=405 tani tashkil etadi; Gauss funksiyalarining 24 ta premise parametri bilan jami 429 ta sozlanadigan parametr olinadi. Simulyatsiya oralig‘i 0–50 s, diskretlash qadami 0,01 s deb qabul qilinib, M=5001 ta namuna shakllantirildi. Vaqt ketma-ketligi buzilmagan holda ma’lumotlar 70/15/15 nisbatda o‘rgatuvchi, tekshiruvchi va test to‘plamlariga ajratildi (mos ravishda 3501, 750 va 750 namuna). Bunday ko‘rsatkichlarni aniq keltirish qoidalar bazasi hajmi, o‘qitish tanlanmasi va model murakkabligini qayta tiklash imkonini beradi.

Taklif etilgan boshqarish tizimida umumiy signal nominal va kompensatsiyalovchi qismlardan tashkil topadi:

Adaptiv kompensatsiya qonuni va amaliy barqarorlik

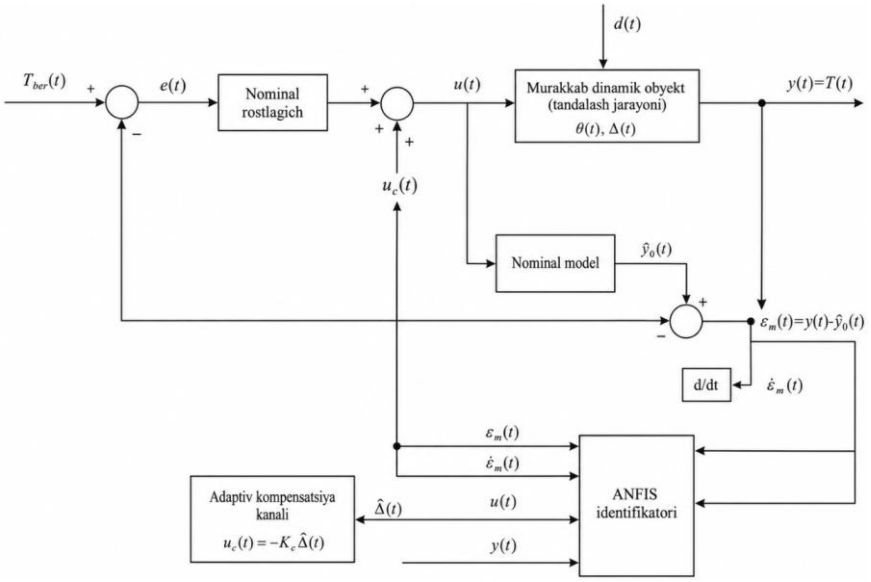
$$u(t) = u_0(t) + u_c(t) \quad (9)$$

$$u_c(t) = -K_c(t)\hat{\Delta}(t) \quad (10)$$

Bu yerda: $u(t)-$obyektga uzatiladigan umumiy boshqarish signali, $u_0(t)-$ nominal rostlagich shakllantirgan boshqarish signali, $u_c(t)-$adaptiv kompensatsiyalovchi signal, $K_c(t)-$ kompensatsiya intensivligini belgilovchi koeffitsiyent.

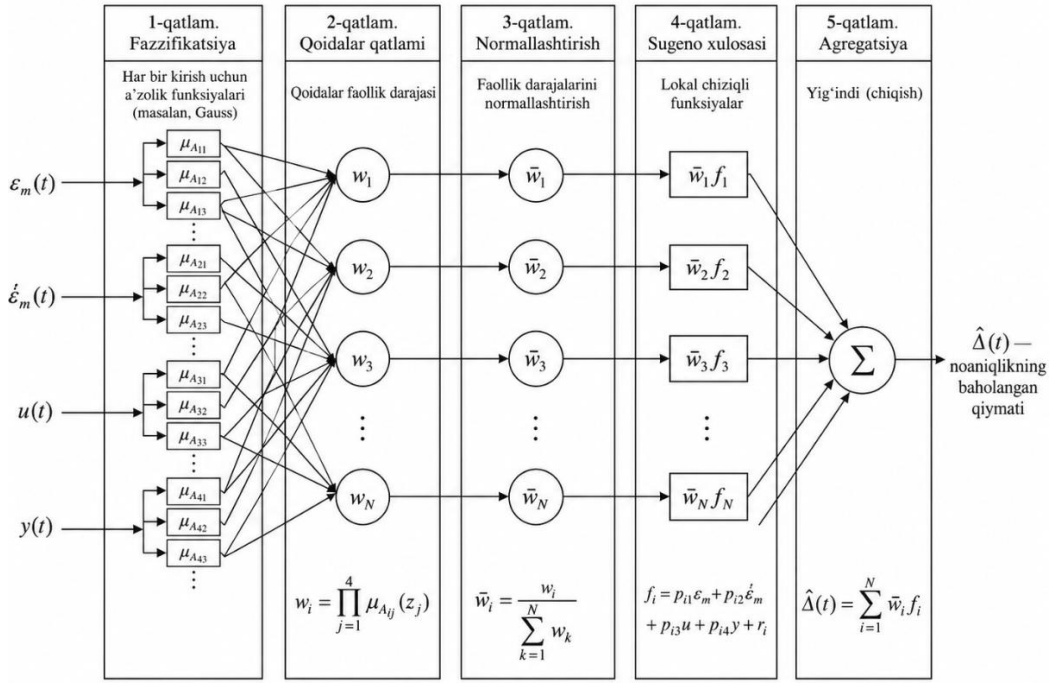
Kompensatsiyalovchi signalning fizik chegaralardan chiqib ketishini oldini olish uchun to‘yinish funksiyasi qo‘llanadi. ANFIS identifikatsiya xatoligi chekli bo‘lsa, kompensatsiyadan keyingi noma’lum komponent $\Delta(t)$ dan qoldiq xatolik $\tilde{\Delta}(t) = \Delta(t) - \hat{\Delta}(t)$ gacha kamayadi. Nominal yopiq tizim barqaror bo‘lgan holda bu boshqarish xatoligining chegaralangan sohada qolishini ta’minlaydi. Kompensatsiya koeffitsiyenti $K_c(t)$ obyektning dinamik sezgirligi va

identifikatsiya xatoligi hisobga olingan holda tanlanadi. K_c ning juda kichik qiymati noaniqlik ta’sirini yetarli kamaytirmaydi, haddan tashqari katta qiymati esa ijro mexanizmi to‘yinishiga va boshqarish signalining tebranishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois amaliy sozlashda kompensatsiya kanalining tezkorligi nominal kontur tezkorligidan yuqori, biroq o‘lchash shovqinlari chastotasidan past diapazonda tanlanadi. Zarur hollarda ANFIS chiqishiga past chastotali filtr qo‘shilib, keskin shovqin komponentlarining boshqarish kanaliga uzatilishi cheklanadi.



1-rasm. ANFIS asosidagi adaptiv kompensatsiyalash tizimining strukturaviy sxemasi

1-rasmdagi strukturada real obyekt va nominal model chiqishlari orasidagi nomuvofiqlik ANFIS identifikatoriga uzatiladi. Baholangan noaniqlik asosida shakllangan $u_c(t)$ signali nominal rostlagich chiqishini tuzatadi. Shu tariqa identifikatsiya va kompensatsiya yagona yopiq konturda amalga oshiriladi.



2-rasm. Noaniqliklarni identifikatsiyalash uchun ANFIS modelining tuzilishi

Tajribaviy izlanishlar. Tadqiqot obyekti sifatida tanda iplarining umumiy tarangligini berilgan qiymatda ushlab turuvchi elektr yuritmali tandalash tizimi qabul qilindi. Jarayonning murakkabligi iplarning elastik xossalari, g‘altak radiusi va massasining o‘zgarishi, yuritmalar

orasidagi tezlik nomuvofiqligi hamda mexanik qarshiliklarning nostatsionarligi bilan belgilanadi. Modelda boshqariluvchi chiqish $T(t)$, boshqaruvchi kirish elektr yuritma signali $u(t)$, asosiy o‘zgaruvchan parametrlar esa g‘altak radiusi $R_b(t)$, inersiya momenti $J_b(t)$, ipning chiziqli tezligi $v_{ip}(t)$ va yuritma vaqt doimiysi sifatida tanlandi.

Taklif etilgan usulning samaradorligi tandalash jarayonida ip tarangligini boshqarish misolida tadqiq etildi. Boshqariluvchi parametr sifatida ip tarangligi $T(t)$, boshqaruvchi ta’sir sifatida elektr yuritmaga uzatiladigan $u(t)$ signal qabul qilindi. Jarayonning nominal holat modeli quyidagicha ifodalandi:

$$\dot{x}(t) = A_0 x(t) + B_0 u(t), \qquad T_0(t) = C_0 x(t) \tag{11}$$

Parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va tashqi g‘alayonlarni hisobga olgan real model:

$$\dot{x}(t) = \left[A_0 + \Delta A(t)\right]x(t) + \left[B_0 + \Delta B(t)\right]u(t) + D\,d(t) \tag{12}$$

ko‘rinishida qabul qilindi.

Bu yerda: A_0 – nominal holat matritsasi, B_0 – nominal boshqarish matritsasi, C_0 – chiqish matritsasi, $\Delta A(t)$ – vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi parametrik noaniqliklar, $d(t)$ – tashqi g‘alayon, D – g‘alayonning obyekt dinamikasiga ta’sir matritsasi, $T_0(t)$ – nominal model bo‘yicha ip tarangligi.

Modellashtirishda vaqt doimiylarining nominal qiymatdan og‘ishi, tanda g‘altagi radiusi va inersiya momentining ortishi, yuritma yuklanishining o‘zgarishi, shuningdek sinusoidal va sakrashsimon g‘alayonlar ssenariylari ko‘rib chiqildi. ANFIS kirishlari $\varepsilon_m(t)$, $\dot{\varepsilon}_m(t)$, $u(t)$, $T(t)$ chiqishi esa $\Delta(t)$ sifatida tanlandi. Kirishlar uchun Gauss tegishlilik funksiyalari va birinchi tartibli Sugeno xulosalash mexanizmi qo‘llandi.

Modellashtirish uchta asosiy ssenariy bo‘yicha olib borildi. Birinchi ssenariyda nominal parametrlar va tashqi g‘alayonsiz rejimda tizimning bazaviy dinamikasi baholandi. Ikkinchi ssenariyda vaqt doimiylari va inersiya momenti nominal qiymatlarga nisbatan bosqichma-bosqich o‘zgartirilib, parametrik noaniqlikka sezgirlik tekshirildi. Uchinchi ssenariyda sinusoidal hamda sakrashsimon g‘alayonlar kiritilib, kompensatsiya kanalining tiklanish xususiyati o‘rganildi. Barcha ssenariylarda kompensatsiyasiz va adaptiv kompensatsiyali tizimlar uchun boshlang‘ich shartlar, berilgan qiymat, solver parametrlari va simulyatsiya davomiyligi bir xil saqlandi. Hisoblashlar 0,01 s diskretlash qadami bilan 50 s davomida bajarildi; shu sababli barcha ssenariylarda vaqt bo‘yicha bir xil 5001 ta hisoblash nuqtasi ishlatildi.

Identifikatsiya sifati $RMSE_id$, MAE va R^2 boshqarish sifati esa rostlanish vaqti t_p, o‘ta rostlanish σ, integral mutlaq xatolik IAE va integral kvadratik xatolik ISE orqali baholandi:

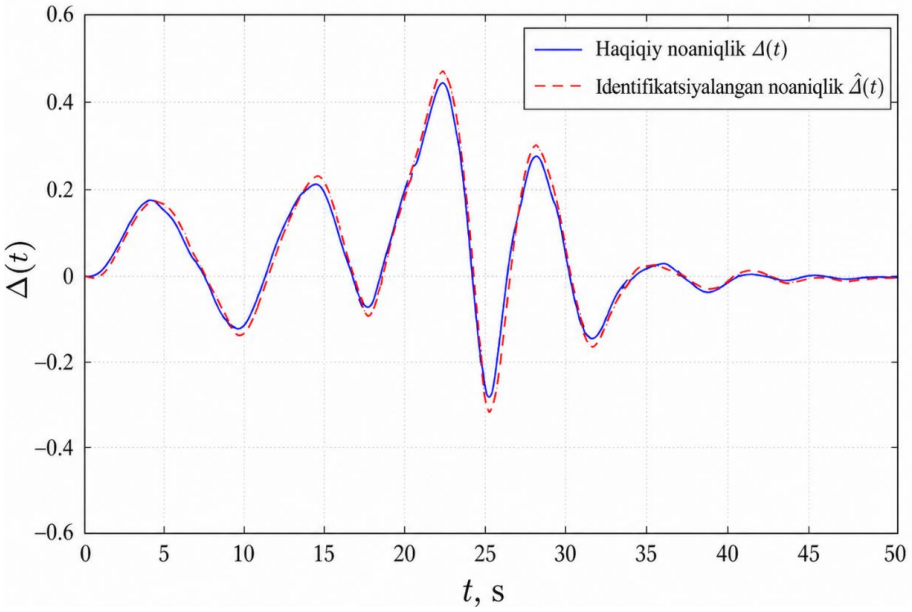
Boshqarish sifatini xolis taqqoslash uchun baholash oralig‘i, diskretlash qadami va berilgan signal shakli o‘zgartirilmagan. Rostlanish vaqti chiqishning berilgan qiymat atrofidagi ±2 % chegaraga kirib, undan keyin ushbu diapazondan chiqmaslik vaqti sifatida aniqlangan. O‘ta rostlanish maksimal dinamik og‘ishning berilgan qiymatga nisbati orqali hisoblangan. Integral mezonlar butun simulyatsiya oralig‘ida aniqlanib, qisqa muddatli katta xatoliklar va uzoq davom etuvchi kichik og‘ishlarning umumiy ta’sirini qamrab olgan.

$$RMSE_{id} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\left[\Delta^{(k)} - \hat{\Delta}^{(k)}\right]^2} \tag{13}$$

$$IAE = \int_0^{t_f} |e(t)|dt, \qquad ISE = \int_0^{t_f} e^2(t)dt \tag{14}$$

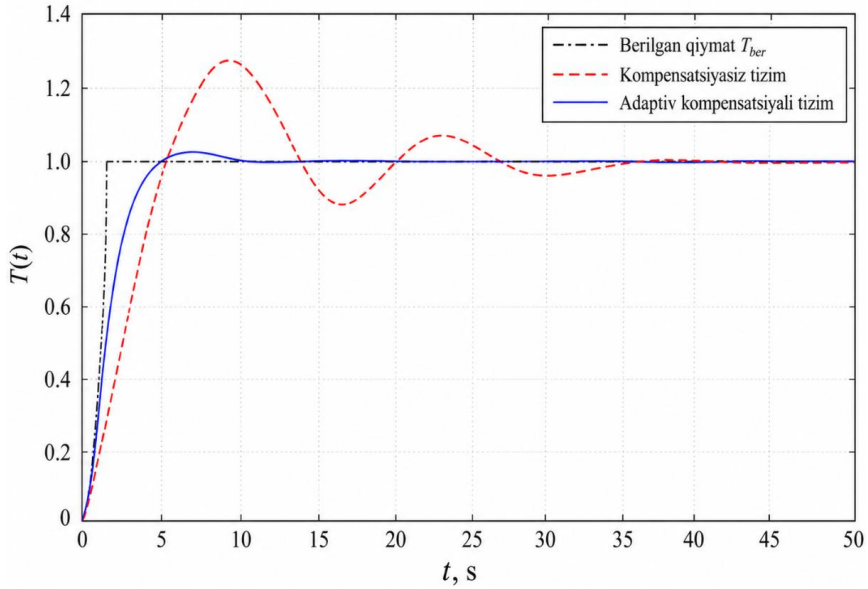
Bu yerda: $RMSE_{id}$ – identifikatsiyaning o‘rtacha kvadratik xatoligi, N – namunalar soni, $\Delta^{(k)}$ – haqiqiy noaniqlik qiymati, $\hat{\Delta}^{(k)}$ – ANFIS baholagan noaniqlik qiymati, IAE – integral mutlaq xatolik, ISE – integral kvadratik xatolik, t_f – kuzatish yoki modellashtirishning yakuniy vaqti.

Natijalar va ularning tahlili. 3-rasmda qiyosiy hisoblash ssenariysida ANFIS chiqishi haqiqiy noaniqlik signalining amplitudasi, ekstremum nuqtalari va so‘nish tendensiyasini yaqin aniqlikda takrorlashi ko‘rinadi. Model signallaridan hisoblangan identifikatsiya mezonlari $RMSE_id = 0.018$, $MAE_id = 0.012$, va $R^2 0.982$ qiymatlarni ko‘rsatdi. Eng katta tafovut noaniqlikning keskin o‘zgarish nuqtalarida kuzatilgan bo‘lsada, identifikator kompensatsiya signalini shakllantirish uchun yetarli dinamik moslikni ta’minladi.



3-rasm. Haqiqiy va identifikatsiyalangan noaniqlik signallarining o‘zgarishi

Ushbu qiymatlar mazkur modellashtirish ssenariysiga tegishli bo‘lib, sanoat tajribasi natijalari sifatida talqin qilinmaydi.



4-rasm. Kompensatsiyasiz va adaptiv kompensatsiyali tizim o‘tish jarayonlari

Kompensatsiyasiz tizimda parametrik o‘zgarishlar sezilarli o‘ta rostlanish va so‘nuvchi tebranishlarga olib keladi. Adaptiv kompensatsiya kanali ulanganida o‘tish jarayoni tezlashadi, maksimal dinamik og‘ish kamayadi va taranglikning berilgan qiymat atrofida barqarorlashuvi yaxshilanadi. Bir xil boshlang‘ich shartlar va g‘alayonlar qo‘llangan qiyosiy modellashtirishda rostlanish vaqti 38 s dan 16 s gacha, o‘ta rostlanish esa 28 % dan 5 % gacha kamaydi. Natijalar taklif etilgan algoritmning hisoblash modelidagi samaradorligini ifodalaydi. Quyidagi 1-jadvalda boshqarish tizimlarining qiyosiy sifat ko‘rsatkichlari keltirilgan.

1-jadval

Boshqarish tizimlarining qiyosiy sifat ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Kompensatsiyasiz tizim	Adaptiv kompensatsiyali tizim	Kamayish, %
t_p, s	38,0	16,0	57,9
σ, %	28,0	5,0	82,1
IAE	8,40	3,02	64,0
ISE	4,10	1,23	70,0
RMSE	0,160	0,040	75,0

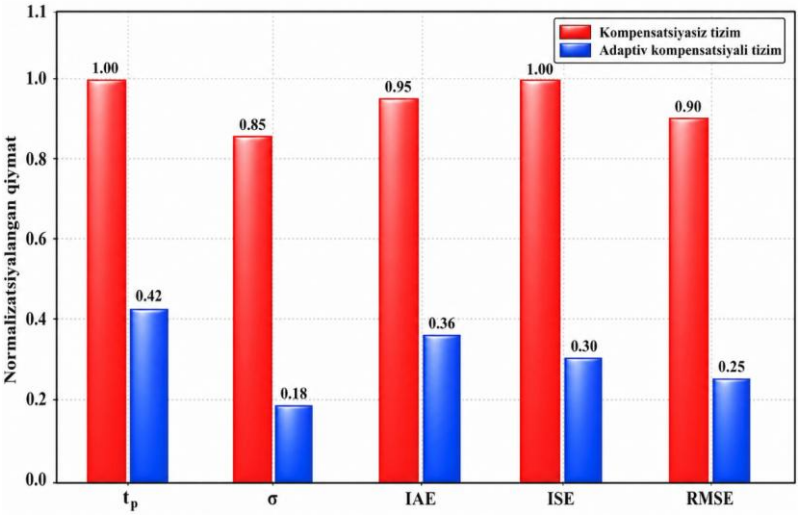
2-jadval

Taklif etilgan yondashuvning zamonaviy ip tarangligini boshqarish usullari bilan metodik qiyosiy tahlili

Usul	**Asosiy mexanizm**	**Noaniqlikka moslashuv**	**Aniq modelga ehtiyoj**	**Taklif etilgan usuldan asosiy farqi**
Fuzzy-PID [8]	PID parametrlarini noqat’iy qoidalar orqali sozlash	Bilvosita, rostlagich koeffitsiyentlari orqali	Past/o‘rta	Integral noaniqlik alohida identifikatsiyalanmaydi
Kaskad + Kalman filtri [9]	Holat/taranglikni filtrlash va kaskadli rostlash	Asosan baholash va shovqinni kamaytirish orqali	O‘rta/yuqori	Model nomuvofiqligi mustaqil kompensatsiya kanaliga ajratilmaydi
Adaptiv ADRC [10]	Umumiy g‘alayonni kuzatuvchi va aktiv rad etish	Yuqori	Past/o‘rta	G‘alayon kuzatuvchisi analitik observer tuzilmasiga tayangan
Taklif etilgan ANFIS kompensatsiyasi	Model–obyekt nomuvofiqligini neyro-noqat’iy identifikatsiyalash va qo‘shimcha kanal orqali kompensatsiya	Yuqori, ma’lumotlar asosida	Nominal model talab qilinadi, biroq noaniqlik manbalarini alohida modellashtirish shart emas	ANFIS identifikatori nominal rostlagichdan ajratilgan mustaqil kompensatsiya kanalini hosil qiladi

2-jadval adabiyotlarda keltirilgan zamonaviy yondashuvlar bilan funksional-metodik qiyosni ko‘rsatadi. Turli tadqiqotlarda obyekt, berilgan signal, g‘alayon amplitudasi va baholash mezonlari bir xil emasligi sababli [8–10] dagi sonli ko‘rsatkichlarni ushbu ish natijalari bilan bevosita arifmetik solishtirish metodik jihatdan to‘g‘ri emas. Shu bois 1-jadval va 5-rasmda bir xil model, boshlang‘ich shartlar va g‘alayonlar ostidagi ichki sonli taqqoslash saqlanadi, 2-jadval esa taklif etilgan arxitekturaning zamonaviy usullarga nisbatan funksional farqini ochib beradi.

Quyidagi 5-rasmda bir xil modellashtirish sharoitida kompensatsiyasiz va ANFIS asosidagi adaptiv kompensatsiyali tizim sifat mezonlarining qiyosiy diagrammasi keltirilgan. Zamonaviy yondashuvlar bilan funksional-metodik qiyos 2-jadvalda berildi.



5-rasm. Boshqarish sifati mezonlarining qiyosiy diagrammasi

Qiyosiy natijalar adaptiv kompensatsiyalash tizimi barcha tanlangan mezonlar bo‘yicha ustun ekanini ko‘rsatadi. Rostlanish vaqti 57,9 %, o‘ta rostlanish 82,1 %, *IAE* 64,0 %, *ISE* 70,0 % va *RMSE* 75,0 % ga kamaygan. *ISE* va *RMSE* ning sezilarli pasayishi katta amplitudali dinamik xatoliklarning samarali cheklanganini, t_p va σ ning kamayishi esa tizimning tezkorligi hamda amaliy barqarorligi yaxshilanganini bildiradi. Natijalarning fizik talqini shuni ko‘rsatadiki, kompensatsiyasiz konturda g‘altak radiusi va inersiya momentining ortishi nominal rostlagichning dastlabki sozlamalari bilan obyektning haqiqiy dinamikasi o‘rtasidagi nomuvofiqlikni kuchaytiradi. ANFIS identifikatori ushbu nomuvofiqlikning amplitudasi va o‘zgarish yo‘nalishini kuzatib, boshqaruvchi signalga qarama-qarshi belgili tuzatish kiritadi. Shu sababli kompensatsiya faqat statik xatolikni emas, balki parametrlar o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan dinamik tebranishlarni ham kamaytiradi. Taklif etilgan usulning identifikatsiya aniqligi o‘rgatuvchi ma’lumotlarning reprezentativligi, kirish signallarining informativligi va ANFIS qoidalar bazasining murakkabligiga bog‘liq. O‘qitish to‘plamida mavjud bo‘lmagan keskin ish rejimlarida identifikatsiya xatoligi ortishi mumkin. Shu bois real vaqt rejimida qo‘llashda model aniqligi va hisoblash yuklamasi o‘rtasidagi muvozanatni saqlash zarur. Olingan natijalarni talqin qilishda modellashtirishga xos cheklovlarni hisobga olish lozim. ANFISning samaradorligi o‘rgatuvchi ma’lumotlarda obyektning asosiy ish rejimlari yetarlicha ifodalanishiga bog‘liq. Real ishlab chiqarishda sensor shovqini, diskret boshqaruv kechikishi, ijro mexanizmi to‘yinishlari va ip xossalarining partiyalar bo‘yicha farqlanishi qo‘shimcha xatolik keltirib chiqarishi mumkin. Shunga qaramay, taklif etilgan strukturada identifikator va kompensatorning alohida bloklarda tashkil qilinishi modelni sanoat PLC yoki yuqori tezlikdagi mikrokontroller platformasida bosqichma-bosqich joriy etish imkonini beradi. Hisoblash murakkabligi va real vaqt rejimida qo‘llash imkoniyati. Tanlangan 4×3 kirish tuzilmasida inferensiyaning har bir qadamida 12 ta Gauss tegishlilik funksiyasi, 81 ta qoida faollik darajasi, 81 ta birinchi tartibli Sugeno konsekventi va ularning normallashtirilgan yig‘indisi hisoblanadi. Shuning uchun inferensiya murakkabligi qoidalar soniga nisbatan chiziqli, ya’ni O(K·m) tartibida bo‘lib, bu yerda K=81 va m=4. Jami 429 ta sozlanadigan parametr double aniqlikda faqat parametrlarni saqlash uchun taxminan 3,4 kB xotira talab qiladi; dastur kodi, vaqtinchalik buferlar va aloqa protokollari bu hisobga kiritilmagan. Mazkur maqolada aniq sanoat protsessorida bajarilish vaqti o‘lchanmaganligi sababli qat’iy real vaqt kafolati berilmaydi. Amaliy joriy etishda inferensiya davri boshqarish konturining diskretlash qadamidan kichik bo‘lishi, ijro mexanizmi to‘yinishlari va aloqa kechikishlari alohida tekshirilishi lozim. Bu talablarni HIL yoki fizik stend tajribasi orqali verifikatsiya qilish keyingi bosqichning asosiy vazifasidir. Amaliy joriy etishda nominal boshqarish konturi xavfsiz bazaviy rejimni ta’minlaydi, ANFIS kanali esa faqat ruxsat etilgan chegaralarda tuzatish kiritadi. Bunday arxitektura identifikator vaqtincha noto‘g‘ri baho bergan taqdirda ham tizimning bazaviy boshqaruvchanligini saqlashga yordam beradi. Shu jihat taklif etilgan yondashuvni ANFIS

bevosita yagona rostlagich vazifasini bajaradigan strukturalarga nisbatan texnologik xavfsizlik nuqtayi nazaridan afzal qiladi.

Xulosa. Murakkab dinamik obyektlarda parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, nochiziqli bog‘lanishlar va tashqi g‘alayonlarning birgalikdagi ta’sirini nominal model bilan real obyekt chiqishi orasidagi dinamik nomuvofiqlik orqali integral noaniqlik sifatida ifodalash va uni ANFIS yordamida adaptiv kompensatsiyalash yondashuvi ishlab chiqildi. Olingan natijalar quyidagi xulosalarni shakllantirish imkonini beradi:

1. Parametrik, strukturaviy va tashqi ta’sirlarning natijaviy ta’sirini integral noaniqlik sifatida baholash hamda model–obyekt nomuvofiqligidan identifikatsiya signali sifatida foydalanish usuli asoslandi.

2. To‘rtta kirish, har bir kirish uchun uchta Gauss tegishlilik funksiyasi va 81 ta birinchi tartibli Sugeno qoidasi asosidagi ANFIS identifikatori shakllantirildi; model jami 429 ta sozlanadigan parametrga ega.

3. ANFIS bahosini nominal rostlagichdan funksional jihatdan ajratilgan adaptiv kompensatsiya kanaliga uzatish orqali noaniqlikning boshqarish sifatiga ta’sirini kamaytiruvchi yopiq kontur struktura taklif etildi.

4. Tandalash jarayoni modelida bir xil sinov sharoitida adaptiv kompensatsiya rostlanish vaqtini 38 s dan 16 s gacha, o‘ta rostlanishni 28 % dan 5 % gacha, IAE, ISE va RMSE mezonlarini mos ravishda 64,0 %, 70,0 % va 75,0 % ga kamaytirdi. Ushbu natijalar hisoblash modeli doirasida yondashuvning samaradorligini ko‘rsatadi.

Reference

1. Gu W., Lan J., Mason B. Online neuro-fuzzy model learning of dynamic systems with measurement noise // Nonlinear Dynamics. 2024. Vol. 112. P. 5525–5540. DOI: 10.1007/s11071-024-09360-x.

2. Ibrahim M., Hussein M., Abozied M.A.H., Ashry M. Enhancing four-tank system through model predictive control-based adaptive neuro-fuzzy system // International Journal of Fuzzy Systems. 2025. DOI: 10.1007/s40815-025-02085-y.

3. Espitia H., Machón I., López H. Proposal of a compact neuro-fuzzy adaptive controller for filling regulation of two coupled spherical tanks // International Journal of Fuzzy Systems. 2025. Vol. 27. P. 391–409. DOI: 10.1007/s40815-024-01782-4.

4. Kumar K., Das M., Karn A.K. ANFIS robust control application and analysis for load frequency control with nonlinearity // Journal of Electrical Systems and Information Technology. 2024. Vol. 11. Article 65. DOI: 10.1186/s43067-024-00175-9.

5. Sekere Y.O.M., Ajiboye P.O., Efah F.B., Opoku B.T. Fractional order ANFIS controllers for load frequency control in renewable-energy integrated power systems // Journal of Electrical Systems and Information Technology. 2025. DOI: 10.1186/s43067-025-00200-5.

6. Jang J.-S.R. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1993. Vol. 23, No. 3. P. 665–685. DOI: 10.1109/21.256541.

7. Tu L., Guo M., Wang J., Gao W. Dynamic tension control for warp beams on sizing machine based on unwinding length monitoring // Textile Research Journal. 2024. Vol. 94, No. 9–10. P. 1126–1144. DOI: 10.1177/00405175231222933.

8. Tu L., Guo M., Wang J., Gao W. Warp yarn tension coupling models and fuzzy PID control for enhancing warp beam unwinding tension stability in sizing machines // Journal of Industrial Textiles. 2024. Vol. 54. DOI: 10.1177/15280837241301709.

9. Neaz A., Lee E.H., Jin T.H., Cho K.C., Nam K. Optimizing yarn tension in textile production with tension–position cascade control method using Kalman filter // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 12. Article 5494. DOI: 10.3390/s23125494.

10. Peng L., Xiong X., Wang L. Research on yarn tension control technology for knitting underwear machine based on adaptive ADRC // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 9750. DOI: 10.1038/s41598-025-94768-7. 10

11. Ali M., Ahmed R., Amer M. Yarn tension control technique for improving polyester soft Winding process // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. Article 1060. DOI: 10.1038/s41598-020-79928-1.

12. Ji Y., Ma J., Zhou Z., Li J., Song L. Dynamic yarn-tension detection using machine vision combined with a tension observer // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 8. Article 3800. DOI: 10.3390/s23083800.

13. Eren R., Kılıç S., Atalay Ö. Development of an individual warp beam tension control system for warp assembling machines in direct warp preparation // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2025. Vol. 20. DOI: 10.1177/15589250251313609.

14. Xiao Y., Zhang Z., Liu Z., Zhang Z., Zhou W., Liu W. Research on integral separation control of warp tension based on fuzzy parameter optimization // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2021. Vol. 41, No. 2. P. 3031–3044. DOI: 10.3233/JIFS-210124.

15. Avezov T.H., Iskandarov Z.E. Fuzzy control system for yarn tension in the warping process // AIP Conference Proceedings. 2025. Vol. 3377. Article 060006.

UDK 677.051.125.5

JINLASH MASHINASINI NORAVSHAN ROSTLASH TIZIMINI SINTEZLASH ALGORITMI

I.X. Siddikov[1], G.R. Alimova[1], U.O. Xo‘janazarov[2], M.M. Usanov[2]

Toshkent davlat texnika universiteti[1]

Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti[2]

Annotatsiya. *Maqolada jinlash mashinasini noravshan rostlash tizimini sintezlash algoritmi taklif etiladi. Bu esa ko‘p jihatdan paxta mahsulotlarini olishda sodir bo‘ladigan texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va optimallashtirish darajasiga bog‘liqdir. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sohasidagi dolzarb vazifalardan biri bu ma’lumotlar noaniqligi sharoitida boshqarish jarayonining sifatini yaxshilash imkonini beruvchi intellektual texnologiyalar yutuqlari asosida energiya va resurs tejamkor usullaridan foydalangan holda samarador boshqarish tizimini yaratish orqali yuqori sifatli mahsulotlar ishlab chiqarishga erishishdir. Jinlash jarayoni parametrlarini o‘zgaruvchanligini hisobga olgan holda, boshqarish tizimiga adaptivlik xususiyatini berish uchun rostlagich parametrlarini doimiy ravishda sozlashda model parametrlarini baholash talab etiladi. Jinlash agregatining modeli parametrlarini baholash uchun stoxastik aproksimatsiyalashning rekurrent usuli taklif etildi. Bunda o‘lchash mumkin bo‘lgan kirish va chiqish kattaliklaridan foydalanildi. Ma’lumotlar noaniqlik sharoitida jinlash jarayonini ish rejimlarini adaptiv boshqarish tizimini sintezlash algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib bu esa boshqarish jarayonini adaptivlik xossasini beruvchi neyro-noravshan PID rostlagichning parametrlarini dinamik sozlash algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib, uning tadbiq etilishi energiya sarfini kamaytirish va jinlash jarayonini berilgan qiymatdan maksimal og‘ishini 2,3% ga kamaytirish imkonini berdi. Paxta xom ashyosini jinlash jarayonini takomillashtirilgan boshqarish tizimini tadqiq etish va joriy qilishning dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Noravshan rostlagich, sintezlash, stoxostik apraksimasiyalash, model, optimallashtirish, algoritm, adaptive boshqarish, boshqarish tizimi, rekurrent usul.*

Аннотация. *В статье предлагается алгоритм синтеза нечеткой системы регулирования машины джинирования. Это во многом связано с уровнем автоматизации и оптимизации технологических процессов, происходящих при получении хлопковой продукции. Одной из актуальных задач в области автоматизации технологических процессов является достижение производства высококачественной продукции за счёт*

создания эффективной системы управления, основанной на достижениях интеллектуальных технологий, позволяющих повысить качество управления в условиях неопределённости данных и с использованием энерго- и ресурсосберегающих методов. С учётом изменчивости параметров процесса джинирования, для придания системе управления адаптивных свойств, требуется постоянная настройка параметров регулятора, что предполагает оценку параметров модели. Для оценки параметров модели джинного агрегата предложен рекуррентный метод стохастической аппроксимации, основанный на использовании измеряемых входных и выходных величин. В условиях неопределённости данных разработан алгоритм синтеза адаптивной системы управления режимами работы процесса джинирования, а также алгоритм динамической настройки параметров нейро-нечёткого PID-регулятора, обеспечивающий адаптивность процесса управления. Применение данного подхода позволило снизить энергопотребление и уменьшить максимальное отклонение процесса джинирования от заданного значения на 2,3%. Разработан программный комплекс для исследования и внедрения усовершенствованной системы управления процессом джинирования хлопкового сырья.

Ключевые слова: *нечеткий регулятор, синтез, стохастическая аппроксимация, модель, оптимизация, алгоритм, адаптивное управление, система управления, рекуррентный метод.*

Abstract. *Abstract. This paper proposes an algorithm for synthesizing a fuzzy control system for a ginning machine. This is largely related to the level of automation and optimization of the technological processes involved in the production of cotton products. One of the pressing tasks in the field of process automation is achieving high-quality production through the creation of an effective control system based on advancements in intelligent technologies, which allow for improved control quality under conditions of data uncertainty and through the use of energy- and resource-saving methods. Given the variability of the ginning process parameters, to endow the control system with adaptive properties, constant adjustment of the controller parameters is required, which involves evaluating the model parameters. A recurrent stochastic approximation method based on measurable input and output variables is proposed for estimating the parameters of a ginning machine model. Under conditions of data uncertainty, an algorithm has been developed for synthesizing an adaptive control system for the operating modes of the ginning process, as well as an algorithm for dynamically tuning the parameters of a neuro-fuzzy PID controller, ensuring the adaptability of the control process. The application of this approach made it possible to reduce energy consumption and decrease the maximum deviation of the ginning process from the setpoint by 2.3%. A software package has been developed for the research and implementation of an improved control system for the ginning process of raw cotton.*

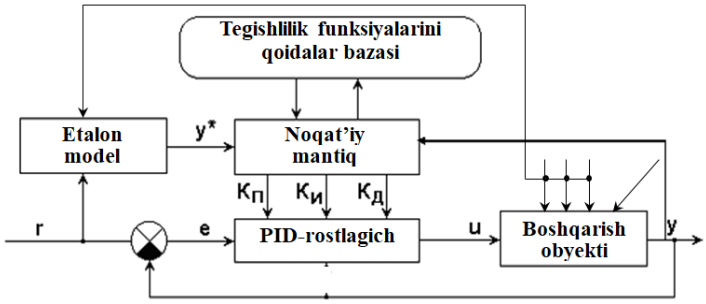
Keywords: *fuzzy controller, synthesis, stochastic approximation, model, optimization, algorithm, adaptive control, control system, recursive method.*

Kirish. Jahonda paxta sanoati texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarini takomillashtirishga, xususan, paxta sanoati korxonalarida intellektual texnologiyalarni joriy etish orqali yuqori sifatli to‘qimachilik materiallarini olishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Paxta mahsulotlari ishlab chiqarish jarayonlari xususan, paxta tolasini jinlash jarayoni murakkab xususiyatga ega bo‘lib, u turli xildagi tashqi va ichki ta’sirlar ostida bo‘ladi. Bu ta’sirlarning noaniqligi, texnologik parametrlarni o‘zaro bog‘liqligi hamda jinlash qurilmasi dinamik xossalarining o‘zgaruvchanligi bunday jarayonlarni boshqarish masalasini yechishni murakkablashtiradi. Shu jihatdan, chigitli paxtani jinlash jarayonini intellektual texnologiyalar asosida boshqarish tizimlarini takomillashtirishga alohida ahamiyat berilmoqda. Paxta xom-ashyosini jinlash jarayonini boshqarishda noravshan mantiqqa asoslangan holda rostlagichning parametrlarini sintezlash murakkab masalalardan biridir. Jinlash jarayoni parametrlarini o‘zgaruvchanligini hisobga olgan holda, boshqarish tizimiga adaptivlik xususiyatini berish uchun

rostlagich parametrlarini doimiy ravishda sozlashda model parametrlarini baholash talab etiladi. Jinlash agregatining modeli parametrlarini baholash uchun stoxastik aproksimatsiyalashning rekurrent usuli taklif etildi. Bunda o‘lchash mumkin bo‘lgan kirish va chiqish kattaliklaridan foydalanildi.

Nazariy tadqiqotlar. Jinlashda tashqi va parametrik g‘alayon mavjud bo‘lsa, o‘tkinchi jarayonning sifat ko‘rsatkichlari sezilarli darajada pasayadi. Ushbu parametrlarning keng diapazonda o‘zgarishi boshqarish tizimsini noturg‘un holatga olib kelishi mumkin. Chunki, texnologik rejim o‘zgarganida doimiy ravishda rostlagichning parametrlarini sozlash talab etiladi.

Shuning uchun bunday masalalarni yechishda noqat’iy mantiq nazariyasidan foydalanish taklif etildi (1–rasm). Bunda noqat’iy mantiqiy rostlagichning kirish vektorlari $E^* = (e_1^*, e_2^*)$ sxema bo‘yicha fazzifikatsiyalash bloki yordamida noqat’iy ko‘rinishga o‘tkaziladi. Keyin ekspertlar tomonidan tuzilgan qoidalar bazasi asosida i^* noqat’iy chiqish o‘zgaruvchisi olinadi.



1 - rasm. Noqat’iy mantiqiy rostlagichli avtomatik rostlash tizimi

Boshqarish vektori i^* ni son qiymatiga o‘zgartirish defazzifikator yordamida amalga oshiriladi. Noqat’iy rostlagichning vazifasi xatolik signali va uning hosilasini qayta ishlab, boshqarish signalini ishlab chiqishdan iborat.

Qoidaga ko‘ra, noqat’iy mantiqiy rostlagich lingvistik o‘zgaruvchilar termlari asosidagi bilimlar bazasiga ega bo‘lishi kerak.

Buning uchun quyidagi lingvistik o‘zgaruvchilarni kiritamiz:

e_1 =(“Boshqarish xatoligi”, *Te1,YE1*);

e_2 =(“Xatolikni hosilasi”, *Te2,YE2*);

u =(“Boshqarish”, *Tu,U*).

Bunda: $T_e = \{T'_e, T'_e, ..T^k_{ei}\}, i = \overline{1,k}, T_u = \{T^1_u, T^2_u, ..T^k_u\}$

Endi har bir lingvistik o‘zgaruvchilarni uchburchak ko‘rinishidagi tegishlilik funksiyasiga ega 7 ta termlarga ajratib olamiz:

$$T_x = \{'NB','NM','NS','ZE','PS','PM','PB'\};$$

$$\mu_{Tx}(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, \ agar\, x \le a, \ bo'lsa; \\ (x-a)/(b-a) \ agar\, a \le x \le b, \ bo'lsa; \\ (c-x)/(c-b) \ agar\, b \le x \le c, \ bo'lsa; \\ 0, \ agar\, c \le x, \ bo'lsa; \end{cases}$$

U holda fazzifikatsiya natijalari quyidagicha yoziladi:

e_1 ="*boshqarish xatoligi*"

$$\left[\begin{matrix} \mu_{NBe}(e)/NB_e, \mu_{NMe}(e)/NM_e, \mu_{NSe}(e)/NS_e, \mu_{ZEe}(e)/ZE_e, \mu_{PSe}(e)/PS_e, \\ \mu_{PMe}(e)/PM_e, \mu_{PBe}(e)/PB_e \end{matrix}\right]$$

e_2 ="*xatolikni hosilasi*"

$$\left[\begin{matrix} \mu_{NBe}(\dot{e})/NB_e, \mu_{NMe}(\dot{e})/NM_e, \mu_{NSe}(\dot{e})/NS_e, \mu_{ZEe}(\dot{e})/ZE_e, \mu_{PSe}(\dot{e})/PS_e, \\ \mu_{PMe}(\dot{e})/PM_e, \mu_{PBe}(\dot{e})/PB_e \end{matrix}\right]$$

e_2 ="*boshqarish*"

$$\left[\begin{array}{c}\mu_{NBu}(u)/NB_u,\mu_{NMu}(u)/NM_u,\mu_{NSu}(u)/NS_u,\mu_{ZEu}(u)/ZE_u,\mu_{PSu}(u)/PS_u,\\ \mu_{PMu}(u)/PM_u,\mu_{PBu}(u)/PB_u\end{array}\right]$$

Noqat'iy mantiqiy rostlagichning mantiqiy chiqishi uchun qoidalar bazasini quyidagicha shakllantiramiz:

Agar $T_{e1}^{j}\times T_{e2}^{j}$ bo'lsa, T_u^j, $j=\overline{1,7}$.

$$\mu_{\left(T_{e1}^{j}\times T_{e2}^{j}\right)}(e_1,e_2)=\mu_{T_{e1}^{j}}(e_1)\wedge\mu_{T_{e2}^{j}}(e_2)$$

Mos ravishda chiqish kattaligining noqat'iy to'plamini tegishlilik funksiyasi:

$$\mu_{Rj}((e_1,e_2),u^*)=\left(\mu_{T_{e1}^{j}}(e_1)\wedge\mu_{T_{e2}^{j}}(e_2)\right)\wedge\mu_{T_u^j}(u^*)$$

Barcha qoidalarning tegishlilik funksiyalari majmuasi:

$$\mu_R((e_1,e_2),u^*)=\bigvee_{j=1}^{7}\left[\left(\mu_{T_{e1}^{j}}(e_1)\wedge\mu_{T_{e2}^{j}}(e_2)\right)\wedge\mu_{T_u^j}(u^*)\right],$$

Noqat'iy chiqish o'zgaruvchisini tegishlilik funksiyasi quyidagicha amallar asosida olinadi:

$$\mu_{T_u^j}(u^*)\overset{e1\in E1,e1\in E1}{\vee}\left[\left(\mu_{T_{e1}^{j}}(e_1)\Lambda\mu_{T_{e2}^{j}}(e_2)\right)\Lambda\mu_R(e_1,e_2,u*)\right];$$

$$\mu_{T_u^j}(u^*)=\max_{e1,e2}\left\{\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{T_{e_i}^{j}}(e_i)\right]\cdot\left[\min_{j=1}^{m}\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{T_{e_i}^{j}}(e_i)\right]\cdot\mu_{T_u^j}(u^*)\right]\right\}.$$

Chiqish signalining real qiymatini aniqlash uchun defazzifikatsiya og'irlik markazi usulidan foydalanib topiladi:

$$u=\sum_{n=1}^{9}u_n^*\mu_{T_u}(u_n^*)/\sum_{n=1}^{9}\mu_{T_u}(u_n^*) \qquad (1)$$

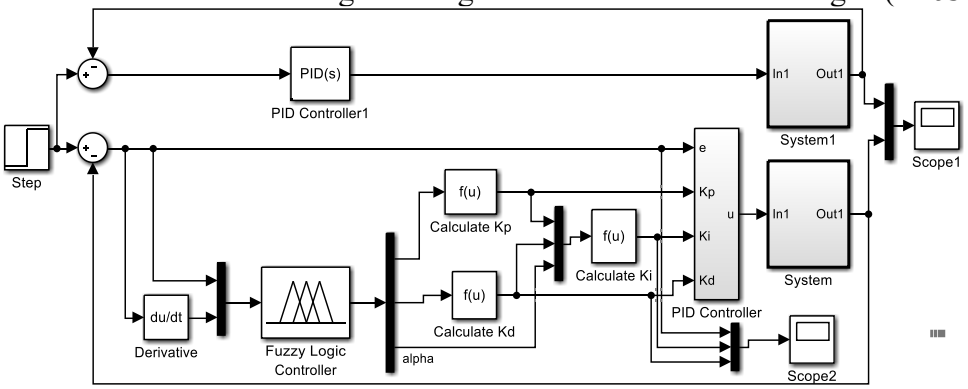
Noqat'iy mantiqiy rostlagichning chiqish signali son qiymatini quyidagicha aniqlaymiz:

$$u=\sum_{j=1}^{m}\lambda^j\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{T_{e1}^{j}}(e_i)\right]\Big/\sum_{j=1}^{m}\prod_{i=1}^{n}\mu_{T_{e1}^{j}}(e_i) \qquad (2)$$

Bu aniqlangan qiymat, o'z navbatida, klassik rostlagichimizning sozlash parametrlaridan biri hisoblanadi.

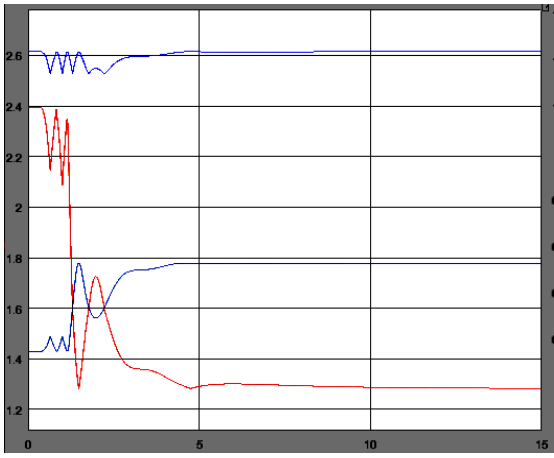
Bu esa PID rostlagichning parametrlarini dinamik sozlash, ya'ni adaptiv boshqarishni amalga oshirish imkonini beradi.

Tajribaviy izlanishlar. Quyida jinlash jarayonini adaptiv boshqarish tizimsining neyron-to'rli modelini Matlab dasturida amalga oshirilgan imitatsion modeli keltirilgan (2-rasm).

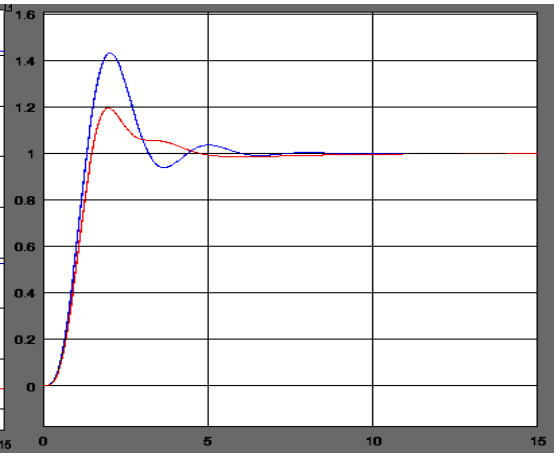


2 - rasm. Jinlash jarayonining neyron-to'rli model asosidagi adaptiv boshqarish tizimsi

Imitatsion model real texnologik obyekt – jinlash agregatida monandlikka tekshirildi. Taxlillar shuni ko‘rsatadi-ki, imitatsion model laboratoriya natijalari bilan qoniqarli moslikka ega ekan (3-4-rasmlar).



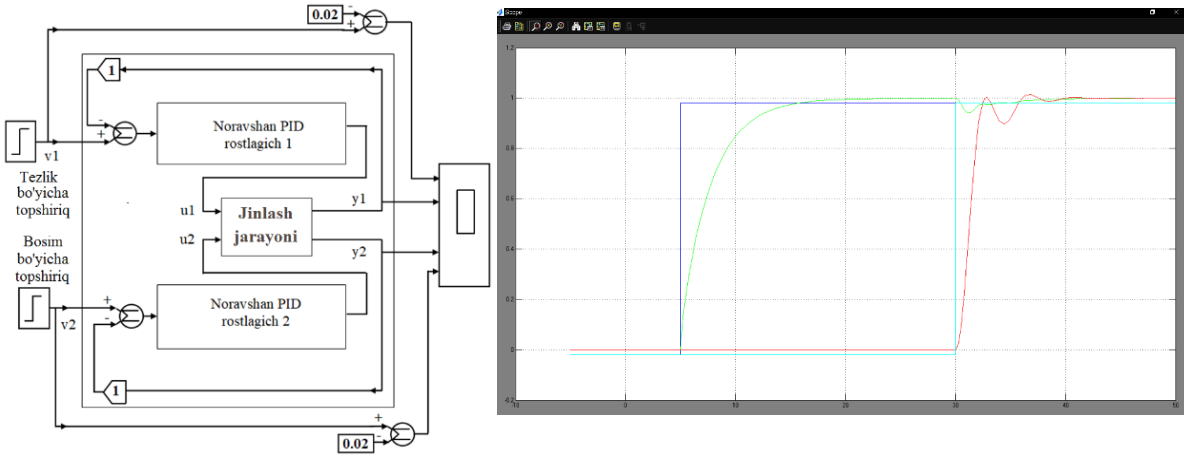
3 - rasm. PID-rostlagich parametrlarining o‘zgarish grafigi



4 - rasm. Klassik va adaptiv PID-rostlagichlarni o‘tkinchi jarayonlari tavsiflari

Grafiklardan shuni xulosa qilish mumkin-ki, adaptiv PID-rostlagichning o‘tkinchi jarayon sifat ko‘rsatkichlari klassik rostlagichnikidan sezilarli darajada ortgan (adaptiv rostlagichda $t_p \approx 4{,}5$ c, $\sigma \approx 20$ %, klassik rostlagichda $t_p \approx 7$ c, $\sigma \approx 42$ %).

Imitatsion tajriba natijalari boshqarish obyektini identifikatsiyalash masalasiga taklif etilgan yondashuvni to‘g‘riligini ko‘rsatdi (5-rasm).



5-rasm. Jinlash jarayonini takomillashtirilgan boshqarish tizimining o‘tkinchi jarayoni

O‘tkinchi jarayon grafiklaridan ko‘rinib turibdiki, obyekt parametrlarini doimiy ravishda sozlab turish natijasida boshqarish tizimiga adaptivlik xususiyatini berish mumkin ekan. Bunda boshqarish obyekti modeli parametrlarini baholash uchun xatolik signalining joriy qiymatlaridan foydalaniladi. Bu esa boshqarish tizimini sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi.

Xulosa. Ma’lumotlar noaniqlik sharoitida jinlash jarayonini ish rejimlarini adaptiv boshqarish tizimini sintezlash algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib bu esa boshqarish jarayonini adaptivlik xossasini beruvchi neyro-noravshan PID rostlagichning parametrlarini dinamik sozlash algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib, uning tadbiq etilishi energiya sarfini kamaytirish va jinlash jarayonini berilgan qiymatdan maksimal og‘ishini 2,3% ga kamaytirish imkonini berdi. Paxta xom ashyosini jinlash jarayonini takomillashtirilgan boshqarish tizimini tadqiq etish va joriy qilishning dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan.

Reference

1. Khalmatov D.A., Yunusova S.T., Atajanov M.D., Huzanazarov U.O. Formalization of the cotton drying process based on heat and mass transfer equations // IIUM Engineering Journal, https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i2.1456 Vol. 21, No. 2, 2020 – rr.256-265.

2. Siddikov I.H, Mamasodikov M.M, Mamasodikova M.M, Khujanazarov U.O. Methods for optimizing data processing based on fuzzy adjustment of time series elements and identification model variables // E3S Web of Conferences , 452,03010 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345203010 IPFA 2023 R.205-212

3. Siddikov I.KH., Khalmatov D.A., Khuzhanazarov U.O., Alimova G.R. System of analytical control and control of technological parameters of cotton-cleaning production // "Shemical technology. Control and management" International scientific and technical journal 2020, №5-6 (91) – pp.134-140.

4. Isamidin Siddikov, Davronbek Khalmatov, Gulchekhra Alimova, Ulugbek Khujanazarov, Sadikova Feruzaxon, Mustafaqul Usanov Investigation of auto-oscilational regimes of the system by dynamic nonlinearities // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 14, No. 1, February 2024, pp. 230~238 ISSN: 2088-8708, DOI:10.11591/ijece.v14i1.pp230-238

5. Z.E.Iskandarov, D.A.Khalmatov, U.O.Khujanazarov. Syunthesis of the neural elektromechanical process parametrs // "Shemical technology. Control and management" International scientific and technical journal 2022, №4-5 (106-107) –rr. 152-156.

6. Siddikov I.H., Kamolov N.Z., Xalmatov D.A., Xujanazarov U.O. Automatic control process for drying a cotton on the basis of fuzzy logic // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 10 , October 2019 – rr.11093-11096.

7. Xalmatov D.A., Xujanazarov U.O., Yunusova S.T., Izmaylova R.N. Razrabotka nechetkoy modeli upravleniya temperaturnoy sushilnogo agregata veroyatnostnim metodov // "Jurnal problemi tekstilya" nauchniy – texnicheskiy jurnal, g. Tashkent, 2019 god, № 1_S.78-83.

8. Xo'janazarov U. O, Alimova G. R. Adaptive fuzzy control system for multi-dimensional dynamic object under the conditions of uncertainty of information // Obrazovaniye nauka i innovatsionniye idei v mire. Mejdunarodniy nauchniy elektronniy jurnal dekabr - 2023 god chast – 6 143-149 st

9. Yunusova S.T., Xujanazarov U.O. Developing mathematical model for the drying processes of raw cotton based on heat and mass transfer equations // "Shemical technology. Control and management" International scientific and technical journal 2020, №1 (91) –rr. 56-61.

10. Siddikov I.X., Yunusova S.T., Xo'janazarov U.O. Nechetko-logicheskoye regulirovaniye protsessa sushki xlopka // Nauchno – prakticheskiy jurnal "Muhammad Al-Xorazmiy avlodlari", 2(12) iyun g.Tashkent 2020 – S.43-47.

11. Xalmatov D. A., Alimova G.R., Mirzaaxmedova X.B., Xujanazarov U.O. Information-algorithmic support of decision-making in problems of primary processing of cotton-raw processes // Chemical technology control and management "Journal of Korea multimedia society" Korea, Seoul 2018 №4-5 – rr.173-178.

12. Siddikov I.H., Setmetov N.U., Xujanazarov U.O. Information system of operative-dispatcher management of production processes of primary processing of raw cotton // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 10 , October 2019 –rr.11038-11040.

13. Siddikov I.H., Jukova Y.A., Xujanazarov U.O. Synthesis Predictive Control System of Dynamic Objects // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering India. Volume 6, Issue 2, fevral 2016 – rr.127-130

14. Xo‘janazarov U.O. Sistema upravleniye dinamicheskim obektom na osnove nechetkix rostlagichov // “Sovremenniye konsepsii obespecheniye kachestva produksii xlopkovoy, tekstilnoy i legkoy promishlennosti” Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya (Namangan-2021 god 22-23 aprelya) 3-Tom. –S. 121-124.

15. Xo‘janazarov U.O. Osobennosti kontrolya i upravleniya v usloviyax stoxasticheskoy neopredelennosti // Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii po teme **«**Primeneniye sovremennix informatsionno kommunikatsionnix texnologiy v provedenii reform v novom Uzbekistane**»** 27-29 oktabr, 2021 god Andijan – S. 345-347

16. Xo‘janazarov U.O. Energoeffektivnost i energosberejeniye v sistemax elektrosnabjeniya xlopkoochestelnix predpriyatiyax // “Tendensiya razvitii i aktualniye programmi sovremennix issledovaniy, innovatsii, texniki i texnologii. Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya Jizzax-2021 g. 9-10 aprelya S. 171-175

17. Siddikov I.X., Xalmatov D.A., Yunusova S.T., Xo‘janazarov U.O. Formalizatsiya protsessa sushki-xlopka na osnove uravneniy teplomassobmena // Kirgizsko-Uzbekskiy universitet «Nauka obrazovaniye texnika» Mejdunarodniy nauchniy jurnal №2 (65), Osh-2019 – S.81-88

UO‘K 677.021.23:631.363.5

PAXTA MODULIDAN QOZIQLI BARABANLAR YORDAMIDA XOMASHYONI TITISH AJRATISH JARAYONINI NAZARIY TAHLILI

M.E.Ruzmetov, Sh.Sh.Hakimov
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Ushbu maqolada presslangan paxta modulidan xomashyoni olti dona qoziqli baraban yordamida titib ajratish jarayoni nazariy jihatdan tadqiq etilgan. Jarayonni ifodalashda moddiy balans, kinematik bog‘lanishlar, kuchlar muvozanati, energiya usuli va qoziqchaning egilishdagi mustahkamlik shartidan foydalanilgan. Hisobiy model uchun baraban diametri D=0,46 m, ishchi kenglik B=2,75 m, barabanlar soni z=6 ta va paxta modulining o‘rtacha hajmiy zichligi ρ=200 kg/m³ qabul qilingan. Moddiy balans asosida modulni rolikli to‘shama orqali uzatish tezligi unumdorlik, ishchi kenglik, zichlik va ajratiladigan qatlam qalinligiga bog‘landi. Baraban qoziqlarining chiziqli va nisbiy tezliklari kinematik tenglamalar orqali aniqlandi, qatlamni uzish uchun zarur minimal tezlik esa ichki bog‘lanish hamda ishqalanish qarshiliklarini yengish shartidan keltirib chiqarildi. Nazariy hisoblashlar natijasida barabanning ratsional chetlanma tezligi 6,2–8,2 m/s, aylanish tezligi 258–341 ayl/min, tavsiya etiladigan ish rejimi esa 300–330 ayl/min ekanligi asoslandi. Ajratiladigan qatlam qalinligi 0,08–0,12 m, modulni uzatish tezligi 0,04–0,08 m/s, qoziqcha uzunligi 50–70 mm va diametri 12–16 mm bo‘lishi tavsiya etildi. Q=12 t/soat va δ=0,10 m nominal holatda uzatish tezligi 0,0606 m/s ni tashkil etdi. Olingan natijalar modul buzgich parametrlarini tanlash, uzluksiz xomashyo oqimini ta’minlash va tolaga ortiqcha mexanik ta’sirni cheklash uchun nazariy asos yaratadi.*

Kalit so‘zlar: *paxta moduli, paxta xomashyosi, modul buzgich, qoziqli baraban, titib ajratish, moddiy balans, chetlanma tezlik, aylanish tezligi, qatlam qalinligi, modulni uzatish tezligi, qoziqcha mustahkamligi, ish unumdorligi, matematik model.*

Аннотация. *В статье теоретически исследован процесс разрыхления и отделения хлопка-сырца от прессованного хлопкового модуля системой из шести колковых барабанов. Для описания процесса использованы уравнение материального баланса,*

кинематические зависимости, равновесие сил, энергетический метод и условие прочности колка при изгибе. В расчётной модели приняты диаметр барабана D=0,46 м, рабочая ширина B=2,75 м, число барабанов z=6 и средняя объёмная плотность хлопкового модуля ρ=200 кг/м³. На основе материального баланса скорость подачи модуля роликовым настилом связана с производительностью машины, рабочей шириной, плотностью сырья и толщиной отделяемого слоя. Линейная и относительная скорости колков определены из кинематических соотношений, а минимальная скорость, необходимая для отделения слоя, получена из условия преодоления внутреннего сцепления и сил трения. Теоретическими расчётами обоснован рациональный диапазон окружной скорости барабана 6,2–8,2 м/с, соответствующий частоте вращения 258–341 об/мин; рекомендуемый рабочий диапазон составляет 300–330 об/мин. Толщину отделяемого слоя целесообразно принимать в пределах 0,08–0,12 м, скорость подачи модуля — 0,04–0,08 м/с, длину колка — 50–70 мм, а его диаметр — 12–16 мм. Для номинального режима Q=12 т/ч и δ=0,10 м расчётная скорость подачи равна 0,0606 м/с. Полученные зависимости могут применяться при выборе конструктивных и режимных параметров модуле-разборщика, обеспечении непрерывной подачи хлопка и ограничении повреждающего воздействия на волокно и семена.

Ключевые слова: *хлопковый модуль, хлопок-сырец, модуле-разборщик, колковый барабан, разрыхление и отделение, материальный баланс, окружная скорость, частота вращения, толщина слоя, скорость подачи модуля, прочность колка, производительность, математическая модель.*

Abstract. *This article presents a theoretical analysis of loosening and separating seed cotton from a compressed cotton module by means of six spiked drums. The process is described using a material-balance equation, kinematic relationships, force equilibrium, an energy approach, and the bending-strength condition of a spike. The calculation model adopts a drum diameter of D=0.46 m, a working width of B=2.75 m, six drums, and an average module bulk density of ρ=200 kg/m³. Based on the material balance, the roller-bed feeding velocity is related to machine capacity, working width, cotton density, and the thickness of the layer removed from the module. The peripheral and relative velocities of the spikes are determined from kinematic equations, whereas the minimum velocity required for layer detachment is derived from the condition that the dynamic action must overcome internal bonding and frictional resistance. Theoretical calculations indicate that the rational drum peripheral velocity is 6.2–8.2 m/s, corresponding to a rotational-speed range of 258–341 rpm, while the recommended operating range is 300–330 rpm. The separated-layer thickness should be maintained at 0.08–0.12 m, the module feeding velocity at 0.04–0.08 m/s, the spike length at 50–70 mm, and the spike diameter at 12–16 mm. For the nominal case of Q=12 t/h and δ=0.10 m, the calculated module feeding velocity is 0.0606 m/s, or approximately 3.64 m/min. The proposed relationships provide a theoretical basis for selecting the design and operating parameters of a cotton module breaker, maintaining a continuous raw-material flow, reducing drum overload, and limiting excessive mechanical impact on cotton fibre and seed.*

Keywords: *cotton module, seed cotton, module breaker, spiked drum, loosening and separation, material balance, peripheral velocity, rotational speed, layer thickness, module feeding velocity, spike strength, machine capacity, mathematical model.*

Kirish. Paxta xomashyosini daladan yig‘ib olingandan so‘ng modul ko‘rinishida zichlab saqlash va tashish mehnat sarfini kamaytirish hamda paxta tozalash korxonalariga katta hajmdagi xomashyoni uzluksiz yetkazib berish imkonini beradi. Biroq presslangan modulni texnologik oqimga kiritishdan oldin uni bir maromda titish, mayda bo‘laklarga ajratish va keyingi qurilmalarga me’yorlangan oqimda uzatish talab etiladi. Modul buzgichning ish rejimi noto‘g‘ri

tanlanganda barabanlarning ortiqcha yuklanishi, xomashyo oqimining pulsatsiyasi, tolalarning o‘ralishi, changlanish va chigitning mexanik shikastlanishi ortishi mumkin.

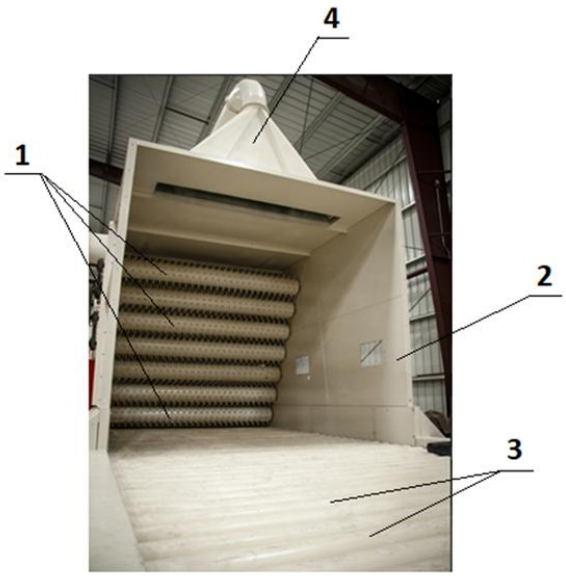
Chigitli paxta tolalar, chigitlar, havo bo‘shliqlari va begona aralashmalardan tashkil topgan murakkab g‘ovak-tolali materialdir. Uning siqilish, tiklanish va vaqtga bog‘liq deformatsiya xususiyatlari boshlang‘ich zichlik, namlik, yuklanish usuli va siqish takroriyligiga bog‘liq. Chigitli paxtaning qovushoq-elastik xossalari va siqilgan zichligini bashoratlash bo‘yicha tadqiqotlarda materialning relaksatsiya, sudralish va qayta tiklanish xususiyatlari aniqlangan [1–5]. Zichlangan paxta ichida yukning uzatilishi bir tekis kechmaydi: siquvchi ish organga yaqin qatlamlarda bosim va zichlik yuqori, undan uzoqlashgan sari esa pastroq bo‘lishi mumkin. Qatlamlararo kuch uzatilishi va paxta tolalarining fazoviy ilashishi modulning shakl barqarorligiga, uni buzish uchun zarur kuchga hamda ajratiladigan bo‘laklar o‘lchamiga ta’sir ko‘rsatadi. Zamonaviy tajriba va diskret element modellashtirish natijalari zichlikning qatlam bo‘yicha notekis taqsimlanishini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi [3–6]. Paxta modulini qurish, yuklash, tashish va paxta zavodida qabul qilish jarayonlari mexanizatsiyalashgan tizim sifatida qaraladi. Modul va yuklagichlarning fizik modellarini o‘rganish xomashyo zichligi, normal bosim, uzatish yo‘nalishi va konveyer tezligi modulning barqaror harakatiga ta’sir qilishini ko‘rsatgan [7]. Modulni ochish va texnologik liniyaga berishda esa tashish moslamalarining unumdorligi, o‘ramni xavfsiz olib tashlash va paxtaning uzluksiz kelishi muhim hisoblanadi [10, 11]. Paxta tozalash korxonalarida xomashyo massasini uzluksiz nazorat qilish va mashinalarga bir xil sarfda yetkazib berish uskunalarning samarali ishlashi uchun zarur. Pnevmatik liniyada massa sarfini bosim farqi hamda havo tezligi orqali aniqlashga doir tadqiqotlar oqimni boshqarish tizimlarini yaratish imkonini bergan [8]. Yuqori unumli qaytaruvchi va oziqlantiruvchi mashinalarni o‘rganish natijalari aylanuvchi ish organining tezligi xomashyoni ushlash, qaytarish va yo‘qotishlar miqdoriga sezilarli ta’sir qilishini ko‘rsatadi [9]. Amaldagi modul oziqlantirgichlarida modulni parchalash uchun ketma-ket joylashtirilgan qoziqli yoki tishli silindrlardan foydalaniladi. Bunday ish organlari modul yuzasidan paxtani ushlab, ajratib oladi va keyingi barabanga yoki chiqarish kanaliga uzatadi [12]. Shunga qaramay, baraban diametri, aylanish tezligi, modulning surilish tezligi, ajratiladigan qatlam qalinligi, qoziq o‘lchamlari va ularning qadami o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishlarni yagona nazariy model asosida belgilash masalasi yetarlicha yoritilmagan.

Modulni saqlash va ochish jarayonida namlikni o‘lchash, aeratsiya va transport sharoitlarini to‘g‘ri tanlash xomashyo sifatini saqlashda muhim hisoblanadi [13, 14]. Chigitning namlik va siqilish yo‘nalishiga bog‘liq mustahkamlik ko‘rsatkichlari esa qoziqli baraban zarbasining ruxsat etilgan chegarasini belgilashda e’tiborga olinishi lozim [15]. Mazkur tadqiqotning maqsadi paxta modulidan xomashyoni olti qoziqli baraban yordamida titib ajratish jarayonining asosiy konstruktiv va kinematik parametrlarini nazariy asoslashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun modulni uzatish tezligi moddiy balansdan aniqlandi, barabanning chiziqli va aylanish tezliklari orasidagi bog‘lanish tuzildi, qatlamni ajratishning kuch va energiya shartlari ifodalandi, markazdan qochma tezlanish bo‘yicha yuqori tezlik chegarasi belgilandi, qoziqchaning egilishdagi mustahkamligi tekshirildi hamda ratsional konstruktiv va ish rejimi parametrlarining diapazonlari hisoblandi.

Nazariy tadqiqotlar. Paxta modul buzgichining takomillashtirilgan konstruksiyasini texnik ma’lumotlariga asosan nazariy izlanishlar olib borildi. Qabul qilingan asosiy konstruktiv o‘lchamlar: baraban diametri D = 0,46 m, ishchi kenglik B = 2,75 m, barabanlar soni z = 6 ta. Paxta modulining o‘rtacha hajmiy zichligi $\rho = 180–220$ kg/m³ oraliqda, hisobiy qiymat sifatida $\rho = 200$ kg/m³ qabul qilindi.

1. Jarayonning fizik mohiyati va hisobiy sxema

Modul buzgichning vazifasi — presslab joylangan paxta modulini mexanik titish va qisman havo bilan tortib olish hisobiga uzluksiz xomashyo oqimiga aylantirishdir. Rolikli to‘shama modulni barabanlar tomon surib beradi, qoziqli barabanlar esa modulning yuza qismiga kirib borib, uni bo‘laklab ajratadi.



1-rasm. Modul buzgichning ishchi kamerasi: 1 – qoziqli barabanlar; 2 – yon devor; 3 – rolikli uzatish qismi; 4 – havo chiqarish/aspiratsiya patrubkasi.



2-rasm. Paxta modulini rolikli to‘shama orqali modul buzgichga uzatish jarayoni.

Jarayonni nazariy tahlil qilishda quyidagi asosiy bosqichlar ajratib olindi: 1) modulni rolikli to‘shamada uzatish; 2) baraban qoziqchalarining modul qatlamiga kirishi; 3) qatlamni kesib-uzish va maydalash; 4) ajralgan paxtani keyingi transport yoki aspiratsiya tizimiga berish.

Hisobiy sxema bo‘yicha moduldan barabanlar tomon δ qalinlikdagi qatlam ajraladi deb qaraladi. Bu qatlamning massaviy sarfi mashinaning umumiy unumdorligiga teng bo‘ladi. Demak, jarayonni avval moddiy balans, keyin kinematika va nihoyat kuchlar muvozanati orqali tahlil qilish mumkin.

2. Modulni uzatish tezligini aniqlash

dt vaqt ichida rolikli to‘shama modulni $v_f \cdot dt$ masofaga sursa, barabanlar tomon kelgan qatlam hajmi $B \cdot \delta \cdot v_f \cdot dt$ ga teng bo‘ladi. Uning massasi $\rho \cdot B \cdot \delta \cdot v_f \cdot dt$ bo‘ladi. Shuning uchun massaviy sarf quyidagicha yoziladi:

$$Q = \rho \cdot B \cdot \delta \cdot v_f \quad (1)$$

Agar Q kg/s da berilsa, uzatish tezligi:

$$v_f = \frac{Q}{\rho \cdot B \cdot \delta} \quad (2)$$

Amaliyotda unumdorlik ko‘pincha t/soatda beriladi. Shunda formula quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$v_f = \frac{1000 \cdot Q_t}{3600 \cdot \rho \cdot B \cdot \delta} \quad (3)$$

Bu yerda Q_t — modul buzgichning unumdorligi, t/soat; ρ — modulning o‘rtacha zichligi, kg/m³; B — ishchi kenglik, m; δ — ajratiladigan qatlam qalinligi, m; v_f — rolikli to‘shama tezligi, m/s. Formula (3) to‘g‘ridan-to‘g‘ri moddiy balansdan kelib chiqadi va u jarayonning birinchi asosiy tenglamasidir.

3. Qoziqli baraban tezligini aniqlash

Barabanning aylanish tezligi bilan uning chetlanma tezligi o‘rtasidagi bog‘lanish kinematikadan ma’lum. Baraban diametri D bo‘lsa, bir aylanishda uning tashqi nuqtasi πD masofa bosib o‘tadi. Demak, n ayl/min tezlikda:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (4)$$

Bundan baraban aylanish tezligi:

$$n = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot D} \quad (5)$$

Modul baraban tomon v_f tezlik bilan surilayotgani uchun qoziqcha bilan modul o‘rtasidagi nisbiy tezlik:

$$v_r \approx u - v_f \quad (6)$$

v_f odatda u ga nisbatan ancha kichik bo‘ladi (0,04–0,08 m/s ga qarshi 6–8 m/s), shu sababli amalda $v_r \approx u$ deb qabul qilish mumkin.

Bu yerda:

- v_r — qoziqcha bilan paxta moduli orasidagi nisbiy tezlik, m/s;
- u — qoziq uchining chiziqli tezligi, m/s;
- v_f — modulning uzatilish tezligi, m/s.

Odatda:

$$v_f = 0{,}04 \div 0{,}08\ m/s$$

bo‘lib, barabanning chiziqli tezligi:

$$u = 6 \div 8\ m/s$$

oraliqda bo‘ladi. Shuning uchun:

$$v_f \ll u$$

va amaliy hisoblarda:

$$v_r \approx u$$

deb qabul qilish mumkin.

Masalan:

$$u = 7{,}4\ m/s; \qquad v_f = 0{,}0606\ m/s$$

bo‘lganda:

$$v_r \approx 7{,}4 - 0{,}0606$$

va:

$v_r \approx 7{,}34\ m/s$

bo‘ladi.

4. Qatlamni titib ajratish sharti

Qoziqcha modulga kirganda u modul qatlamining ichki bog‘lanish qarshiligi va ishqalanish qarshiligini yengishi kerak. Shuning uchun ajratish sharti “ta’sir etuvchi dinamik kuch ≥ qarshilik kuchi” ko‘rinishida yoziladi:

$$F_i \geq F_r \quad (7)$$

Qarshilik kuchini ikki qismga ajratamiz: qatlamning ichki bog‘lanishidan keluvchi $\tau_c \cdot A_s$ va og‘irlik/siqilishdan kelib chiquvchi ishqalanish qismi. Ajratilayotgan tasmaning ta’sir kengligi b_c deb olinsa:

$$F_r = \tau_c \cdot b_c \cdot \delta + \frac{\mu \cdot \rho \cdot g \cdot b_c \cdot \delta^2}{2} \quad (8)$$

Bu yerda τ_c — modulning shartli kesilish qarshiligi, Pa; μ — ishqalanish koeffitsiyenti; g — erkin tushish tezlanishi. Ikkinchi had ajralayotgan qatlam og‘irligining yarmiga proporsional ravishda kiritildi, chunki bosim qatlam qalinligi bo‘ylab chiziqli o‘zgaradi deb qabul qilindi.

Qoziqcha ta’sir kuchini energiyadan aniqlash qulay. Agar m_eq ekvivalent massa u tezlik bilan harakatlanib, s_d yo‘l davomida to‘xtasa, uning kinetik energiyasi qarshilik ishiga teng bo‘ladi:

$$F_i = \frac{m_e q \cdot v_r^2}{2 \cdot s_d} \quad (9)$$

Formula (7)–(9) larni birgalikda yechsak, ajratishni ta’minlaydigan minimal chetlanma tezlik kelib chiqadi:

$$u_{min} = v_f + \sqrt{\frac{2 \cdot k_s \cdot s_d \cdot (\tau_c \cdot b_c \cdot \delta + \frac{\mu \cdot \rho \cdot g \cdot b_c \cdot \delta^2}{2})}{m_{eq}}} \quad (10)$$

Bu yerda k_s — zaxira koeffitsiyenti. U 1 dan katta qabul qilinadi, chunki real sharoitda modul zichligi notekis, namlik o‘zgaruvchan va barabanlar ta’siri impulsli xarakterga ega. Hisoblarda $k_s = 2.5$ qabul qilindi.

5. Baraban tezligining yuqori chegarasi

Baraban tezligi cheksiz katta bo‘lishi mumkin emas. Tezlik oshishi bilan tolaning shikastlanishi, o‘ralish va changlanish kuchayadi. Shu sababli yuqori chegarani markazdan qochma tezlanish orqali baholaymiz:

$$a_c = \frac{u^2}{D/2} \quad (11)$$

Agar ishchi zonada ruxsat etilgan tezlanish $[a_c]$ = (25…35)g deb olinsa, u holda:

$$u_{max} = \sqrt{\frac{[a_c] \cdot D}{2}} \quad (12)$$

D = 0,46 m va $[a_c] \approx 30$ g uchun $u_{max} \approx 8.23$ m/s. Demak, ishchi chetlanma tezlik u_{min} va u_{max} oralig‘ida tanlanishi lozim.

Hisob natijalariga ko‘ra maqbul chiziqli tezlik:

$$u = 7{,}0 \div 8{,}0\ m/s$$

oraliqda qabul qilinishi mumkin.

6. Qoziqcha o‘lchamlarini aniqlash

Qoziqcha konsol balki kabi ishlaydi. Uning xavfli kesimi asosda bo‘lib, egilish kuchlanishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\sigma_b = \frac{32 \cdot F_i \cdot l_p}{\pi \cdot d_p^3} \quad (13)$$

Mustahkamlik sharti $\sigma_b \leq [\sigma]$ dan qoziqcha diametri uchun talab:

$$d_p \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_i \cdot l_p}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (14)$$

Hisoblarda $l_p = 0{,}06\ m, [\sigma] = 120\ MPa$ va xavfsizlik koeffitsiyenti 1,8 qabul qilinganda $d_p \approx 10 \div 11\ mm$ minimal qiymat chiqadi. Ishonchli ishlash uchun konstruktiv qiymat sifatida $d_p = 10 \div 11\ mm$ tanlash maqsadga muvofiq.

Qoziqchaning chiqib turish uzunligi δ qalinlikdagi qatlamni bosqichma-bosqich titishni ta’minlashi kerak. Modul buzgichda titish bir necha baraban orqali amalga oshirilgani uchun bir barabanga 20–30 mm chuqurlik to‘g‘ri kelsa, umumiy konstruktiv uzunlik $l_p = 50 \div 70\ mm$ bo‘lishi maqbul. Uzunlikni ortiqcha oshirish tolaga qattiq zarba beradi va barabanga o‘ralish xavfini kuchaytiradi.

7. Qoziqlar joylashuvi va qadamlar

Ishchi kenglik $B = 2{,}75$ m bo‘lganda bir qatorda 30–34 ta qoziq joylashtirilsa, o‘q bo‘ylab qadam $t_a = \frac{B}{z_a} \approx 81 \ldots 92\ mm$ chiqadi. Atrof bo‘yicha 8–10 qator joylashtirilsa:

$$t_c = \frac{\pi \cdot D}{z_r} \quad (15)$$

$D = 0{,}46\,m$ uchun $t_c \approx 145 \ldots 181\,mm$. Bunday qadamlar qo‘ziqlarning o‘zaro to‘sishmasdan ishlashini va butun kenglik bo‘yicha bir meyorda titishni ta’minlaydi.

8. Hisoblash natijalari va ratsional parametrlar

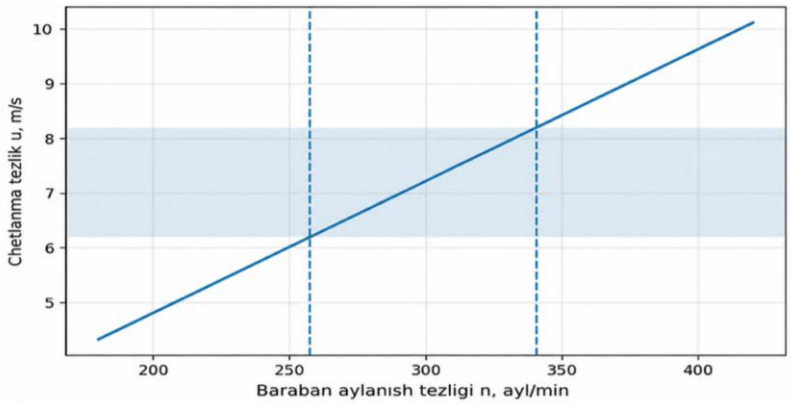
Quyida qabul qilingan parametrlar asosida olingan asosiy natijalar keltiriladi: $\rho = 200\,\frac{kg}{m^3}, B = 2{,}75\,m, \delta = 0{,}08 \ldots 0{,}12\,m, Q = 8 \ldots 15\,\frac{t}{soat}$,

$\tau_c = 2{,}5\,kPa, \mu = 0{,}35, b_c = 0{,}11\,m, m_{eq} = 0{,}12\,kg, s_d = 0{,}04\,m,\ k_s = 2{,}5.$

1-jadval

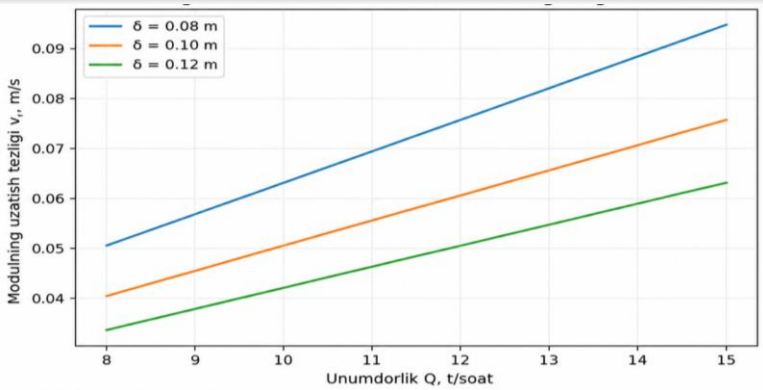
Hisoblash natijalari va ratsional parametrlar

Ko‘rsatkich	**Qiymat / oraliq**	**Izoh**
Baraban diametri D	0,46 m	Qabul qilingan konstruktiv qiymat
Ishchi kenglik B	2,75 m	Modul eni bo‘yicha
Barabanlar soni z	6 ta	Ko‘p barabanli ishchi zona
Ratsional chetlanma tezlik u	6,2–8,2 m/s	Quyi chegara — ajratish sharti, yuqori chegara — markazdan qochma tezlanish sharti
Ratsional aylanish tezligi n	258–341 ayl/min	D = 0,46 m uchun
Tavsiya etiladigan ishchi aylanish tezligi	300–330 ayl/min	Nominal qiymat 307 ayl/min (u ≈ 7,4 m/s)
Ajratiladigan qatlam qalinligi δ	0,08–0,12 m	Bosqichma-bosqich titish uchun
Modulni uzatish tezligi v_f	0,04–0,08 m/s	Taxminan 2,4–4,8 m/min
Qoziqcha uzunligi l_p	50–70 mm	Samarali kirish va tolani asrash shartidan
Qoziqcha diametri d_p	12–16 mm	Mustahkamlik shartidan
O‘q bo‘ylab qadam t_a	81–92 mm	30–34 ta qoziq/qator uchun
Atrof bo‘ylab qadam t_c	145–181 mm	8–10 qator uchun



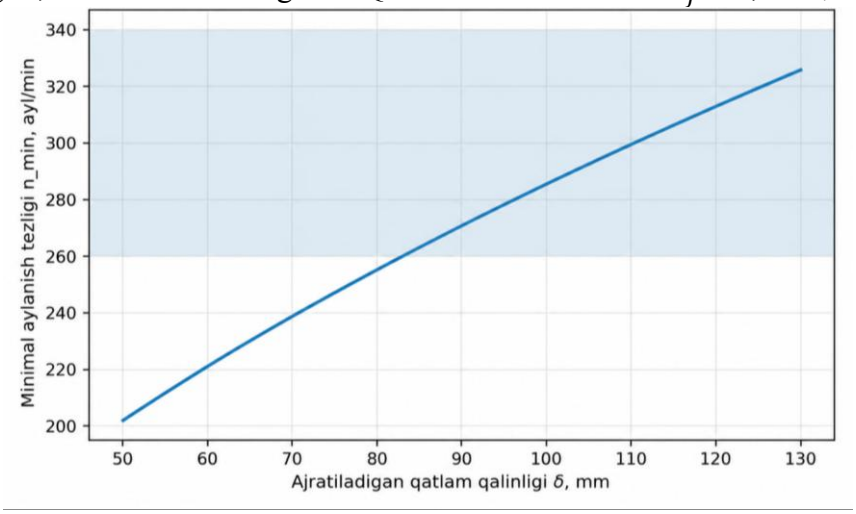
3-rasm. Baraban aylanish tezligi va chetlanma tezlik bog‘lanishi

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, $D - 0{,}46\,m$ baraban uchun $u = 6{,}2 - 8{,}2\,m/s$ diapazon $n = 258 - 341\,ayl/min$ oraliqqa to‘g‘ri keladi. Shu bois modulni samarali titish va tolaga ortiqcha zarba bermaslik nuqtai nazaridan $n \approx 300 - 330\,ayl/min$ maqbul deb topildi.



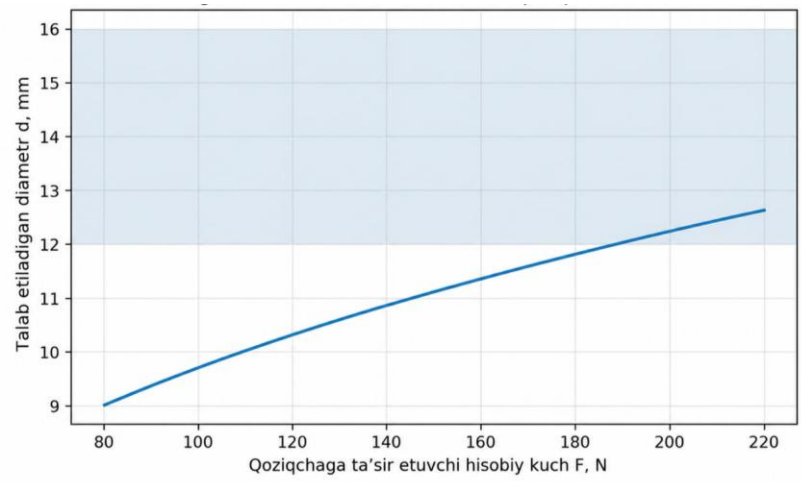
4-rasm. Unumdorlikka qarab modulni uzatish tezligining o‘zgarishi

Grafik moddiy balans tenglamasining amaldagi ko‘rinishini namoyon qiladi. δ kamayganda bir xil Q ni ta’minlash uchun v_f oshishi kerak; aks holda barabanlarga ortiqcha yuk tushadi. Qatlam qalinligi 0,10 m atrofida bo‘lganda Q = 10–12 t/soat uchun $v_f \approx 0{,}05–0{,}06$ m/s chiqadi.



5-rasm. Qatlam qalinligiga ko‘ra minimal aylanish tezligi

Qatlam qalinligi ortgan sari uni ajratish uchun talab etiladigan minimal tezlik oshadi. Shuning uchun δ ni 80–120 mm atrofida ushlash baraban tezligini 260–340 ayl/min oraliqda saqlash imkonini beradi.



6-rasm. Mustahkamlik shartidan qoziqcha diametrining o‘zgarishi

Agar qoziqchaga ta’sir etuvchi hisobiy kuch 80–220 N oraliqda bo‘lsa, mustahkamlik sharti minimal diametrini 9,5–12 mm atrofida beradi. Ishonchli ishlash zaxirasi bilan konstruktiv diapazon sifatida 12–16 mm qabul qilish maqsadga muvofiq.

9. Nominal hisoblash namunasi

Nominal holat sifatida Q = 12 t/soat, ρ = 200 kg/m³, B = 2,75 m va δ = 0,10 m qabul qilamiz. Formula (3) dan modulni uzatish tezligi $v_f = 0{,}0606\ m/s$, ya’ni 3,64 m/min bo‘ladi.

Agar barabanning ishchi chetlanma tezligi $u = 7{,}4\ m/s$ qabul qilinsa, formula (5) bo‘yicha $n = 307\ ayl/min$ kelib chiqadi. Nisbiy tezlik $v_r \approx 7{,}34\ m/s$ bo‘ladi, bu esa ajratish shartini zaxira bilan ta’minlaydi.

Qoziqcha uchun $l_p = 60\ mm$, $d_p = 14\ mm$ qabul qilinsa, u modul yuzasiga 20–30 mm chuqurlikda ta’sir qilib, qatlamni bosqichma-bosqich titadi. Shu tarzda 6 barabanli zona bo‘ylab modulning 80–120 mm qalinlikdagi qismi xavfsiz ajratiladi.

Xulosa. Paxta modulidan xomashyoni olti qoziqli baraban yordamida titib ajratish jarayoni moddiy balans, kinematika, kuchlar muvozanati, energiya va mustahkamlik shartlarini birlashtirgan nazariy model bilan ifodalandi. Model unumdorlik, modul zichligi, ishchi kenglik va ajratiladigan qatlam qalinligini rolikli to‘shamaning uzatish tezligi bilan bevosita bog‘lash imkonini berdi.

D=0,46 m diametrli baraban uchun ajratishning quyi energetik chegarasi va markazdan qochma tezlanishning yuqori chegarasi asosida ratsional chetlanma tezlik 6,2–8,2 m/s, aylanish tezligi esa 258–341 ayl/min deb belgilandi. Texnologik barqarorlik va paxtaga ortiqcha zarba bermaslik shartidan 300–330 ayl/min ish diapazoni, nominal qiymat sifatida taxminan 307 ayl/min tavsiya etildi.

Q=12 t/soat, ρ=200 kg/m³, B=2,75 m va δ=0,10 m nominal sharoitda modulni uzatish tezligi 0,0606 m/s yoki 3,64 m/min ni tashkil etdi. Umumiy hisoblashlar bo‘yicha modulni uzatish tezligini 0,04–0,08 m/s, bir bosqichda ajratiladigan qatlam qalinligini esa 0,08–0,12 m oralig‘ida saqlash barabanlarning bir tekis yuklanishini ta’minlaydi. Qoziqchaning egilishdagi mustahkamligi va qatlamga samarali kirish shartlari asosida uning diametri 12–16 mm, chiqib turish uzunligi 50–70 mm, o‘q bo‘ylab qadami 81–92 mm va baraban aylanasi bo‘ylab qadami 145–181 mm bo‘lishi maqsadga muvofiq deb topildi. Mazkur o‘lchamlar 80–220 N hisobiy kuch oralig‘ida zarur mustahkamlik zaxirasini yaratadi. Taklif etilgan ratsional parametrlar modulning 80–120 mm qalinlikdagi yuza qismini olti barabanli zona bo‘ylab bosqichma-bosqich titish, barqaror xomashyo oqimini shakllantirish va tolaga hamda chigitga ortiqcha mexanik ta’sirni cheklash imkonini beradi.

Keyingi bosqichda nazariy natijalarni turli namlik, zichlik va unumdorlik sharoitlarida ishlab chiqarish tajribalari bilan tekshirish hamda energiya sarfi va xomashyo sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha aniqlashtirish tavsiya etiladi.

References

1. Kong F., Wu T., Chen C., Sun Y., Xie Q., Shi L. Mechanical properties and construction of constitutive model for compression and stress relaxation of seed cotton. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(7), 53–60. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.07.007.
2. Wang J., Zhang H., Wang L., Wei X., Wang M., Gu Y., Cai Y. Experimental Study and Simulation of the Stress Relaxation Characteristics of Machine-Harvested Seed Cotton. Applied Sciences, 2021, 11(21), 9959. DOI: 10.3390/app11219959.
3. Fu X., Wei X., Wang M., Zhang H., Wang L., Wang J., Zheng Y. Compression Molding Characteristics of Seed Cotton and Damage from Cottonseed Crushing. Agriculture, 2024, 14(1), 92. DOI: 10.3390/agriculture14010092.
4. Ruzmetov, M., Ruzmetov, R., Gapparova, M., & Tuychiev, T. (2022, May). Research of Changes in Process Parameters of Raw Cotton During Storage. In *International Scientific*

Conference on Agricultural Machinery Industry "Interagromash"" (pp. 2075-2083). Cham: Springer International Publishing.
5. Wei X., Zhang H., Wang J., Li S., Wang L., Du X. Experimental Study and Simulation on the Creep Characteristics of Machine-Harvested Seed Cotton. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2024, 17(1), 241–250. DOI: 10.25165/j.ijabe.20241701.7705.
6. Li Y., Zhao Y., Zhou M., Tian X., Yin D., Qiao H., Wang W. Research on Axial Load Transfer Law of Machine-Picked Seed Cotton and Discrete Element Simulation. AgriEngineering, 2026, 8(1), 7. DOI: 10.3390/agriengineering8010007.
7. Womac A.R., Byers E.E., Thomas K.G., Hillenbrand B., Smith A., Bitra V.S.P. Modeling Cotton Module Builder and Loader to Enhance Biomass Testing. Applied Engineering in Agriculture, 2021, 37(5), 911–928. DOI: 10.13031/aea.14414.
8. Hardin R.G. IV. Seed Cotton Mass Flow Measurement in the Gin. Applied Engineering in Agriculture, 2018, 34(3), 535–541. DOI: 10.13031/aea.12647.
9. Armijo C.B., Whitelock D.P., Funk P.A., Thomas J.W. Evaluating Alternative Seed-Cotton Reclaimers for High-Speed Roller Ginning. Applied Engineering in Agriculture, 2020, 36(3), 245–256. DOI: 10.13031/aea.13704.
10. Wang T., Hardin R.G. IV, Ward J.K., Wanjura J.D., Barnes E.M. A smart cotton module tracking and monitoring system for handling logistics and cover damage. Computers and Electronics in Agriculture, 2021, 193, 106620. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106620.
11. Delhom C.D., van der Sluijs M.H.J., Wanjura J.D., Thomas J.W. Evaluation of Practices to Unwrap Round Cotton Modules. Journal of Cotton Science, 2023, 27(2), 90–101. DOI: 10.56454/IPOU8527.
12. Funk P.A., Wanjura J.D. Seed Cotton Unloading Systems. Journal of Cotton Science, 2017, 21(1), 51–59. DOI: 10.56454/ZJJG4144.
13. Ashley H., Thomas J., Holt G.A., Valco T.D. Cottonseed Air-Handling and Storage Requirements. Journal of Cotton Science, 2018, 22(1), 47–59. DOI: 10.56454/FZZP5205.
14. Pelletier M.G., Byler R.K. Moisture Measurement. Journal of Cotton Science, 2020, 24(3), 121–130. DOI: 10.56454/TIGG3482.
15. Zheng Y., Wang M., Du X., Zhang H., Wang L., Wei X., Fu X., Wang J. Compressive mechanical properties of cottonseed. Frontiers in Materials, 2023, 10, 1322301. DOI: 10.3389/fmats.2023.1322301.

UO‘K 677.021.23:631.363.5

G‘ARAMDAN QUYI VA YUQORI CHEGARALARI BO‘YICHA HARAKATDA BO‘LGAN PAXTA QATLAMINI AJRATISH JARAYONINI TAHLIL QILISH

M.E.Ruzmetov, T.O.Tuychiyev
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Ushbu maqolada paxta g‘aramidan xomashyoni freza ish organi yordamida qatlamlab ajratib olish jarayonida harakatlanuvchi yuqori va quyi chegaralarning kinematikasi, qatlam ichidagi bosim hamda hajmiy zichlikning vaqt va koordinata bo‘yicha o‘zgarishi nazariy jihatdan tadqiq etilgan. Jarayonni tavsiflashda koordinata boshi g‘aramning quyi qismiga joylashtirilib, o‘q yuqoriga yo‘naltirilgan; frezaning qatlamga kirib borish tezligi va yuqori erkin chegaraning siljish tezligi alohida belgilangan. Elementar qatlam uchun harakat miqdori va massa saqlanish tenglamalari tuzilib, paxtaning normallashtirilgan siqiluvchanlik koeffitsiyenti bosim o‘lchoviga mos ravishda qayta ifodalangan. Nochiziqli bosim tenglamasi muhandislik hisoblari uchun soddalashtirilib, uning yechimi boshlang‘ich va chegaraviy shartlar asosida*

kalibrlangan. Hisoblashlarda g‘aram balandligi 8,0 m, boshlang‘ich qatlam qalinligi 1,0 m, freza tezligi 0,15 m/s va massaviy ish unumdorligi 7400 kg/soat deb qabul qilingan. Natijada yuqori chegara tezligi 0,10278 m/s ekanligi aniqlandi. 5,33 s davomida ajratilayotgan qatlam qalinligi 1,000 m dan 1,252 m gacha, ya’ni 25,2 % ga ortdi. Quyi chegaradagi maksimal bosim 2250 Pa dan 3178,7 Pa gacha oshdi, maksimal hajmiy zichlik esa 106,0 kg/m³ dan 116,7 kg/m³ gacha ko‘tarildi. Olingan model freza qurilmasining ish rejimlarini asoslash, paxtaning notekis zichlanishini baholash va g‘aramdan barqaror xomashyo uzatishni ta’minlash uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *paxta g‘arami, paxta xomashyosi, freza qurilmasi, harakatlanuvchi chegara, qatlam qalinligi, bosim taqsimoti, hajmiy zichlik, siqiluvchanlik, massa saqlanishi, harakat miqdori, ish unumdorligi, matematik model.*

Аннотация. *В статье теоретически исследован процесс послойного отделения хлопка-сырца от бунта фрезерным рабочим органом с учётом перемещения верхней и нижней границ отделяемого слоя, а также изменения давления и объёмной плотности по времени и координате. Для однозначного описания кинематики начало координат размещено в нижней части бунта, а ось направлена вверх; скорость внедрения фрезы в слой и скорость перемещения верхней свободной границы обозначены различными параметрами. Для элементарного слоя составлены уравнения количества движения и сохранения массы. Нормированный коэффициент сжимаемости хлопка приведён к размерностно согласованному виду через начальное давление на нижней границе. Полученное нелинейное дифференциальное уравнение давления преобразовано в инженерную форму, а параметры решения определены по начальным и граничным условиям. В расчётах приняты высота бунта 8,0 м, начальная толщина слоя 1,0 м, скорость внедрения фрезы 0,15 м/с и массовая производительность 7400 кг/ч. Установлено, что расчётная скорость верхней границы составляет 0,10278 м/с. За 5,33 с толщина отделяемого слоя увеличивается с 1,000 до 1,252 м, то есть на 25,2 %. Максимальное давление на нижней границе возрастает с 2250 до 3178,7 Па, или на 41,3 %, а максимальная объёмная плотность повышается с 106,0 до 116,7 кг/м³. Разработанная модель позволяет оценивать неравномерность уплотнения хлопка, обосновывать режимы работы фрезерного устройства и обеспечивать устойчивую подачу сырья из бунта в технологический процесс.*

Ключевые слова: *хлопковый бунт, хлопок-сырец, фрезерное устройство, подвижная граница, толщина слоя, распределение давления, объёмная плотность, сжимаемость, сохранение массы, количество движения, производительность, математическая модель.*

Abstract. *This article presents a theoretical investigation of layer-by-layer seed cotton separation from a storage rick by a milling working element, taking into account the motion of the upper and lower boundaries of the separated layer and the variation of pressure and bulk density with time and spatial coordinate. To describe the kinematics unambiguously, the coordinate origin is placed at the lower part of the rick and the axis is directed upward, while the penetration velocity of the milling cutter and the downward velocity of the upper free boundary are represented by different parameters. Momentum and mass-conservation equations are formulated for an elementary cotton layer. The normalized compressibility coefficient is converted into a dimensionally consistent form using the initial pressure at the lower boundary. The resulting nonlinear pressure equation is reduced to an engineering form, and its solution parameters are calibrated from the initial and boundary conditions. The calculations use a rick height of 8.0 m, an initial layer thickness of 1.0 m, a cutter penetration velocity of 0.15 m/s, and a mass capacity of 7400 kg/h. The calculated upper-boundary velocity is 0.10278 m/s. During 5.33 s, the separated layer thickness increases from 1.000 to 1.252 m, corresponding to a 25.2% rise. The maximum pressure at the lower boundary increases from 2250 to 3178.7 Pa, while the maximum bulk density rises from 106.0 to 116.7 kg/m³. The proposed model provides a theoretical basis for selecting*

operating modes of the milling device, evaluating non-uniform cotton compaction, and ensuring stable raw-material feeding from the rick into the processing line.

Keywords: *cotton rick, seed cotton, milling device, moving boundary, layer thickness, pressure distribution, bulk density, compressibility, mass conservation, momentum balance, operating capacity, mathematical model.*

Kirish. Paxta xomashyosini g‘aramlarda saqlash va uni keyingi texnologik jarayonlarga bir maromda uzatish paxta tozalash korxonalarining barqaror ishlashini belgilovchi muhim bosqichlardan biridir. G‘aramdan paxtani ajratib olish paytida ish organining notekis yuklanishi, qatlam qalinligining o‘zgarishi hamda xomashyo oqimining uzilishlari uskunaning ish unumdorligi va texnologik ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli freza ish organining paxta qatlamiga kirib borishi bilan bir vaqtda qatlam chegaralari, bosim va hajmiy zichlikning o‘zgarishini aniqlash muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

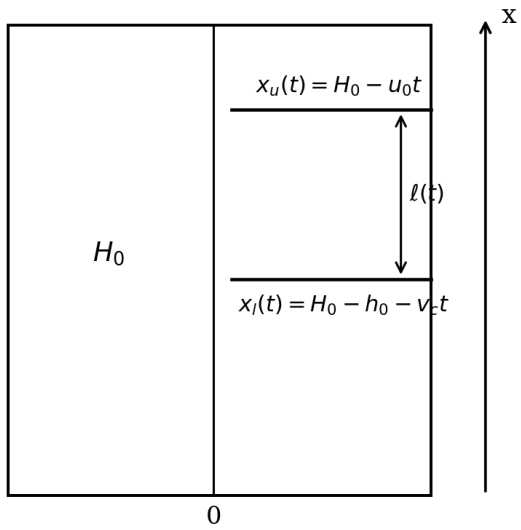
Paxta xomashyosi tolalar, chigitlar, havo bo‘shliqlari va turli aralashmalardan tashkil topgan murakkab g‘ovak-tolali muhit bo‘lib, uning mexanik xossalari dastlabki zichlik, namlik, qatlam balandligi, siqilish darajasi va yuklanish tezligiga bog‘liq. Siqilish jarayonida tolalar o‘zaro ilashadi, bo‘shliqlar kamayadi, yon devorlar bilan ishqalanish kuchlari ortadi va bosim qatlam bo‘ylab notekis taqsimlanadi. Shuning uchun paxta qatlamini oddiy qattiq jism yoki o‘zgarmas zichlikka ega uzluksiz muhit sifatida qarash jarayonning real xususiyatlarini to‘liq ifodalamaydi. Avvalgi tadqiqotlarda chigitli paxtaning siqilish va kuchlanish relaksatsiyasi xususiyatlari tajribaviy o‘rganilib, turli reologik va konstitutiv modellar taklif etilgan [1, 2]. Ushbu ishlarda namlik, solinma massasi va siqilish sharoitlarining elastiklik moduli, qovushoqlik koeffitsiyenti hamda kuchlanishning vaqt bo‘yicha kamayishiga ta’siri aniqlangan. Natijalar paxta xomashyosini presslash, saqlash va tashish qurilmalarini loyihalashda uning siqiluvchanligi va vaqtga bog‘liq deformatsiyasini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Keyingi ilmiy ishlarda mashinada terilgan paxtani shakllantirib siqish, takroriy yuklash, sudralish va chigitning ezilish ehtimoli tadqiq etilgan [3–5]. Siqish kuchi, boshlang‘ich zichlik, namlik, ushlab turish vaqti va yuklanish sikllari materialning hajmiy zichligi, energiya sarfi, shakl barqarorligi hamda ichki mexanik holatiga sezilarli ta’sir qilishi qayd etilgan. Bu ma’lumotlar paxta qatlamining bosim va zichlikka bog‘liq mexanik modelini tuzish uchun muhim boshlang‘ich asos yaratadi. Qatlamlararo yuk uzatilishi va siqilgan paxtadagi zichlik taqsimotini aniqlashga qaratilgan zamonaviy tadqiqotlarda bosimning siqish yo‘nalishi bo‘yicha bir xil tarqalmasligi ko‘rsatilgan [6]. Biroq mazkur ishlarning asosiy qismi yopiq siqish kamerasi yoki presslash jarayoniga bag‘ishlangan. G‘aramdan freza yordamida paxta ajratib olinayotganda esa yuqori va quyi chegaralar turli tezliklarda harakat qiladi, qatlam qalinligi vaqt bo‘yicha o‘zgaradi va bosim maydoni harakatlanuvchi chegara shartlari bilan shakllanadi. Ushbu holat alohida nazariy yondashuvni talab qiladi.

Paxta modullarini shakllantirish, yuklash, tashish, ochish va texnologik oqimga uzatish bo‘yicha tadqiqotlarda modulning hajmiy zichligi, transportyor tezligi, oqimning barqarorligi va o‘ramning shikastlanishi asosiy texnologik omillar sifatida baholangan [8, 10–13]. Pnevmatik uzatishdagi massaviy sarfni nazorat qilish [9], paxtani saqlash va tashishda namlikni o‘lchash hamda aeratsiya sharoitlarini to‘g‘ri tanlash [14, 15] xomashyo sifatini saqlashga xizmat qilishi ko‘rsatilgan. Paxtaning chigit qismi mustahkamligiga namlik va siqilish yo‘nalishining ta’siri ham eksperimental asoslangan [7]. Mazkur tadqiqotning maqsadi g‘aramdan freza yordamida ajratilayotgan paxta qatlamining harakatlanuvchi yuqori va quyi chegaralarini hisobga olgan holda uning kinematik, bosim va hajmiy zichlik parametrlarini aniqlashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun qatlam chegaralarining harakat tenglamalari tuzildi, elementar qatlam uchun harakat miqdori va massa saqlanish qonunlari qo‘llanildi, siqiluvchanlikning o‘lchov jihatidan mos bog‘lanishi qabul qilindi, bosim tenglamasi boshlang‘ich hamda chegaraviy shartlar asosida yechildi va olingan natijalar sonli hisoblash hamda grafik tahlil orqali baholandi.

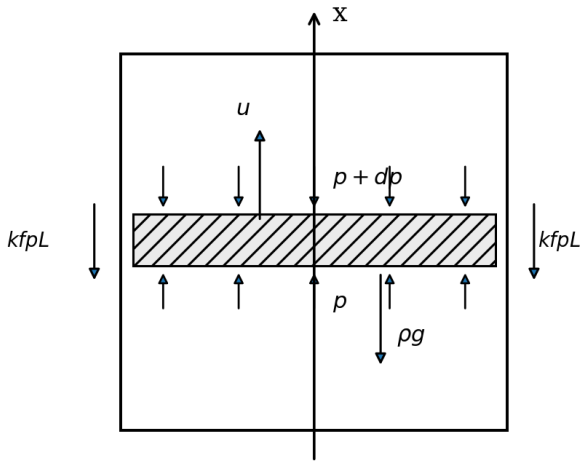
Nazariy tadqiqotlar. Paxta g‘aramidan xomashyoni freza yordamida ajratib olishda qatlamning yuqori va quyi chegaralari vaqt davomida bir xil tezlikda siljimaydi. Shu sababli ajratilayotgan qatlam qalinligi, undagi bosim va hajmiy zichlik vaqt hamda koordinata bo‘yicha o‘zgaradi. Dastlabki matndagi koordinata yo‘nalishi, tezlik belgilarining takror qo‘llanishi, bosim tenglamasidagi ishora va o‘lchov birliklari bilan bog‘liq noaniqliklarni bartaraf etish uchun jarayon quyidagi izchil model asosida qayta tuzildi [1–3, 6].

Koordinata boshi g‘aramning quyi qismida joylashtirilib, x o‘qi yuqoriga yo‘naltiriladi. t=0 vaqtda ajratilayotgan qatlamning yuqori erkin chegarasi $x=H_0$, quyi chegarasi esa $x=H_0-h_0$ nuqtalarda joylashadi. Freza ish organining qatlamga kirib borish tezligi v_c bilan, yuqori erkin chegaraning pastga siljish tezligi esa u_0 bilan belgilanadi. Bu belgilash tezlik va qatlam chegarasi funksiyalarining bir xil v harfi bilan ifodalanishidan kelib chiqqan chalkashlikni yo‘qotadi.

a) Qatlam chegaralarining kinematik sxemasi



b) Elementar qatlamga ta’sir etuvchi kuchlar



1-rasm. Qatlam chegaralarining kinematik sxemasi va elementar qatlamga ta’sir etuvchi kuchlar

Qalinligi dx bo‘lgan elementar qatlamga yuqoridan va pastdan bosim kuchlari, o‘z og‘irligi hamda yon sirtlar bilan ishqalanish kuchlari ta’sir qiladi. x o‘qi yuqoriga yo‘nalganligi sababli og‘irlik va harakatga qarshi ishqalanish kuchlari manfiy yo‘nalishda olinadi. Harakat miqdori tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$S\rho u\frac{du}{dx} = -S\frac{dp}{dx} - S\rho g - kfLp \qquad (1)$$

bu yerda S — qatlamning ko‘ndalang kesim maydoni, m²; L — kontakt konturining uzunligi, m; k — yon bosim koeffitsiyenti; f — ishqalanish koeffitsiyenti; ρ — paxtaning joriy hajmiy zichligi, kg/m³; u — qatlamdagi paxta oqimining tezligi, m/s; p — bosim, Pa.

Foydalanuvchi bergan $\varepsilon_0=0{,}325$ qiymat o‘lchovsiz normallashtirilgan siqiluvchanlik koeffitsiyenti sifatida qabul qilindi. Bosim bilan ko‘paytiriladigan koeffitsiyent Pa^{-1} o‘lchovga ega bo‘lishi kerakligi sababli B_{00} koeffitsiyenti boshlang‘ich quyi chegara bosimi p_{00} orqali normallashtirildi:

$$\rho(p) = \rho_n(1 + B_{00}p), \qquad B_{00} = \frac{\varepsilon_0}{p_{00}} \qquad (2)$$

Natijada $B_{00}=1{,}444\cdot10^{-4}$ Pa^{-1} bo‘ladi. Ko‘rib chiqilgan bosim oralig‘ida $1+B_{00}p$ musbat bo‘lib, zichlikning fizik ma’noga ega bo‘lishi ta’minlanadi. Dastlabki matndagi $B_{00}\ll1$ sharti o‘lchov jihatidan noto‘g‘ri edi; aslida tekshirilishi lozim bo‘lgan kattalik $B_{00}p$ hisoblanadi. Shu sababli tezlik ifodasida $1/(1+B_{00}p)\approx1-B_{00}p$ chiziqlashtirishidan voz kechilib, massa saqlanish tenglamasi aniq ko‘rinishda ishlatildi.

Massaning saqlanish qonuniga ko‘ra freza qurilmasining massaviy ish unumdorligi oqim tezligi, zichlik va kesim maydoni bilan bog‘lanadi:

$$Q_0 = S\rho u, \qquad u = \frac{Q_0}{S\rho_n(1 + B_{00}p)} \tag{3}$$

Hisoblarda avval berilgan Q_o=7400 kg/soat qiymat SI tizimiga o‘tkazilib, Q_o=2.0556 kg/s qabul qilindi. Yuqori erkin chegarada p=0 va ρ=ρ_n bo‘lganligi sababli uning hisobiy siljish tezligi:

$$u_0 = \frac{Q_0}{S\rho_n} = 0.10278 \text{ m/s} \tag{4}$$

Shundan qatlamning yuqori va quyi chegaralari koordinatalari hamda qatlam qalinligi quyidagicha aniqlanadi:

$$x_u(t) = H_0 - u_0 t, \qquad x_l(t) = H_0 - h_0 - v_c t \tag{5}$$

$$\ell(t) = x_u - x_l = h_0 + (v_c - u_0)t \tag{6}$$

Bu yerda H_o=8.0 m, h_o=1.0 m va v_c=0.15 m/s. u_o=0.10278 m/s < v_c bo‘lganligi sababli freza qatlamning quyi chegarasini yuqori chegaraga nisbatan tezroq pastga siljitadi va ajratilayotgan qatlam qalinligi vaqt davomida ortib boradi. h(t)=u_ot deb olinsa, h(0)=0 boshlang‘ich sharti aynan bajariladi.

(2) va (3) tenglamalarni (1) ga qo‘yish natijasida bosim uchun quyidagi aniq nochiziqli differensial tenglama olinadi:

$$\left[1 - \frac{D}{(1 + B_{00}p)^2}\right]\frac{dp}{dx} + bp = -c \tag{7}$$

$$D = \frac{Q_0^2 B_{00}}{\rho_n S^2}, \qquad b = \rho_n g B_{00} + \frac{kfL}{S}, \qquad c = \rho_n g \tag{8}$$

Sonli hisobda D=0.000122 bo‘lib, inertsiya tuzatish koeffitsiyenti birdan atigi 0.0122 % ga farq qiladi. Demak, ko‘rib chiqilayotgan rejimda a(p)=1−D/(1+B_{oo}p)² koeffitsiyentini a_o=1−D doimiy qiymat bilan almashtirish natijaga sezilarli xato kiritmaydi. Boshlang‘ich qatlamdagi p_{oo}=2250 Pa tajribaviy bosim g‘aramni shakllantirish jarayonida yuzaga kelgan qoldiq zichlanishni ham o‘z ichiga olishi mumkin. Shu sababli bosim amplitudasi tajribaviy chegara sharti bo‘yicha kalibrlanib, tenglama quyidagi muhandislik ko‘rinishida yozildi:

$$a_0\frac{dp}{dx} + bp = -c_{\text{eff}}, \qquad a_0 = 1 - D \tag{9}$$

Yuqori erkin chegarada p(x_u,t)=0 shartini qanoatlantiruvchi musbat yechim:

$$p(x,t) = A_{00}\{\exp[\lambda_0(x_u(t) - x)] - 1\} \tag{10}$$

Bosimning fazoviy o‘zgarish koeffitsiyenti differensial tenglamadan, amplitudasi esa t=0 da quyi chegaradagi p(x_l,0)=p_{oo} shartidan aniqlanadi:

$$\lambda_0 = \frac{b}{a_0}, \qquad A_{00} = \frac{p_{00}}{\exp(\lambda_0 h_0) - 1}, \qquad c_{\text{eff}} = bA_{00} \tag{11}$$

Hisob natijasida a_o=0.999878, b=0.83336 m^{-1}, λ_o=0.83346 m^{-1}, A_{oo}=1729.08 Pa va c_eff=1440.94 Pa/m olindi. Shunday qilib, A_{oo} hamda λ_o tajribadan to‘g‘ridan-to‘g‘ri olinmagan bo‘lsa-da, o‘lchov jihatidan to‘g‘ri model, h(0)=0 kinematik sharti va p_{oo}=2250 Pa chegara sharti asosida bir qiymatli aniqlandi.

Qatlamning quyi chegarasida bosim eng katta bo‘ladi:

$$p_{\max}(t) = A_{00}[\exp(\lambda_0 \ell(t)) - 1] \tag{12}$$

Mos ravishda maksimal hajmiy zichlik:

$$\rho_{\max}(t) = \rho_n[1 + B_{00}p_{\max}(t)] \tag{13}$$

Hisoblashlarda qabul qilingan asosiy parametrlar va natijalar quyidagi jadvallarda keltirildi.

1-jadval

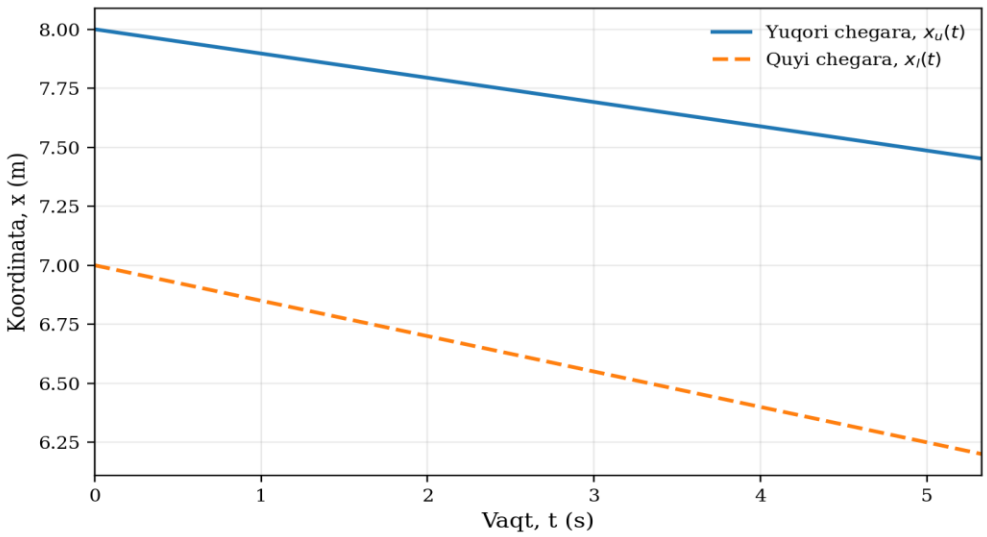
Hisoblashlarda qabul qilingan parametrlar

Ko‘rsatkich	Belgi	Qiymat	Birlik
Boshlang‘ich hajmiy zichlik	ρ_n	80	kg/m³
G‘aram balandligi	H_0	8,0	m
Boshlang‘ich qatlam qalinligi	h_0	1,0	m
Kesim maydoni	S	0,25	m²
Kontakt konturi	L	1,2	m
Yon bosim koeffitsiyenti	k	0,5	–
Ishqalanish koeffitsiyenti	f	0,3	–
Freza kirish tezligi	v_c	0,15	m/s
Massaviy ish unumdorligi	Q_0	7400	kg/soat
Normallashtirilgan siqiluvchanlik	ε_0	0,325	–
Boshlang‘ich quyi bosim	p_{oo}	2250	Pa

2-jadval

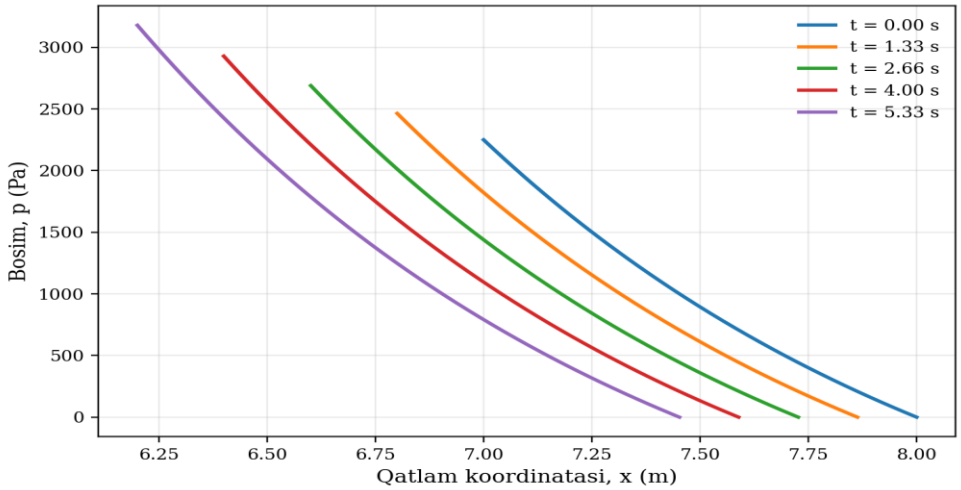
Qatlam chegaralari, maksimal bosim va zichlikning hisobiy qiymatlari

t, s	x_u, m	x_l, m	ℓ, m	p_{max}, Pa	ρ_{max}, kg/m³
0.00	8.000	7.000	1.000	2250.0	106.0
1.33	7.863	6.800	1.063	2463.8	108.5
2.66	7.727	6.601	1.126	2689.2	111.1
4.00	7.589	6.400	1.189	2928.4	113.8
5.33	7.452	6.200	1.252	3178.7	116.7



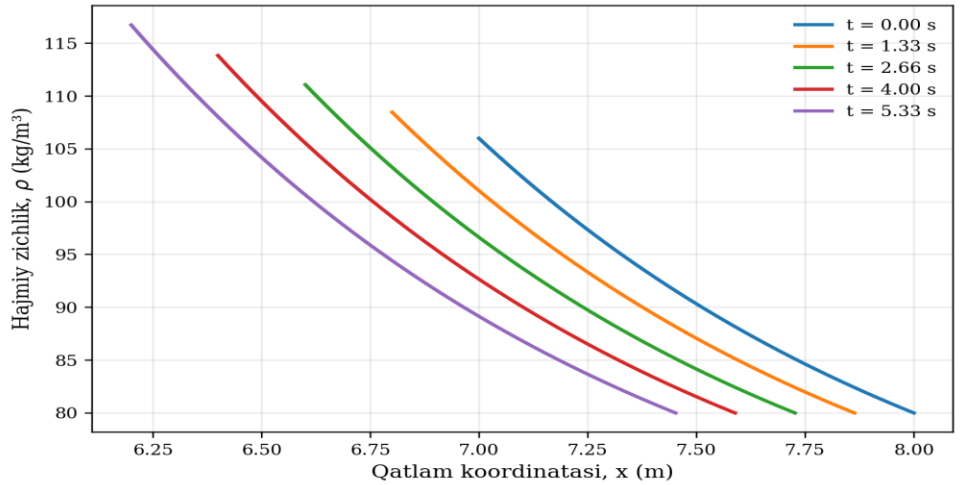
2-rasm. Qatlamning yuqori va quyi chegaralari koordinatalarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi

2-rasmdan ko‘rinadiki, 5,33 s vaqt ichida yuqori chegara 8,000 m dan 7,452 m gacha, quyi chegara esa 7,000 m dan 6,201 m gacha siljiydi. Natijada qatlam qalinligi 1,000 m dan 1,252 m gacha, ya’ni 25,2 % ga ortadi. Bu natija frezaning qatlamga kirib borish tezligi paxtaning yuqori chegara bo‘yicha uzatilish tezligidan 45,9 % katta ekanligi bilan izohlanadi.



3-rasm. Vaqtning turli qiymatlarida qatlam balandligi bo‘yicha bosimning o‘zgarishi

3-rasmda bosim yuqori erkin chegarada nolga teng bo‘lib, quyi chegaraga tomon eksponensial qonuniyat bo‘yicha ortishi ko‘rsatilgan. Qatlam qalinligi ortishi hisobiga quyi chegaradagi bosim t=0 da 2250 Pa dan t=5,33 s da 3178,7 Pa gacha, ya’ni 41,3 % ga oshadi. Bosimning koordinata bo‘yicha monoton kamayishi (10) yechimning fizik jihatdan to‘g‘ri ishorada olinganini tasdiqlaydi; dastlabki (5) ifodadagi ishora esa qatlam ichida manfiy bosim hosil qilishi mumkin edi.



4-rasm. Vaqtning turli qiymatlarida qatlam balandligi bo‘yicha hajmiy zichlikning o‘zgarishi

4-rasmga ko‘ra hajmiy zichlik ham bosim bilan birga quyi chegara tomon ortadi. Maksimal zichlik 106,0 kg/m³ dan 116,7 kg/m³ gacha ko‘tariladi. Bu qiymatlar boshlang‘ich 80 kg/m³ zichlikka nisbatan yuqori bo‘lsa-da, paxta qatlamining texnologik jihatdan mumkin bo‘lgan zichlanish oralig‘ida qoladi.

Xulosa. Paxta g‘aramidan xomashyoni freza yordamida ajratib olish jarayoni harakatlanuvchi yuqori va quyi chegaralarga ega qatlam sifatida ifodalandi. Qatlam uchun tuzilgan kinematik, harakat miqdori va massa saqlanish tenglamalari bosim hamda hajmiy zichlikning vaqt va koordinata bo‘yicha o‘zgarishini o‘zaro bog‘liq holda aniqlash imkonini berdi.

Q_0=7400 kg/soat massaviy ish unumdorligi, S=0,25 m² kesim maydoni va ρ_n=80 kg/m³ boshlang‘ich hajmiy zichlikda yuqori erkin chegaraning hisobiy siljish tezligi u_0=0,10278 m/s ni

tashkil etdi. Frezaning qatlamga kirib borish tezligi v_c=0,15 m/s bo‘lgani sababli quyi chegara yuqori chegaraga nisbatan tezroq siljiydi va ajratilayotgan qatlam qalinligi ortib boradi.

Hisoblash natijalariga ko‘ra 5,33 s davomida qatlam qalinligi 1,000 m dan 1,252 m gacha, ya’ni 25,2 % ga oshdi. Shu vaqt oralig‘ida quyi chegaradagi maksimal bosim 2250 Pa dan 3178,7 Pa gacha ko‘tarilib, o‘sish 41,3 % ni tashkil etdi. Maksimal hajmiy zichlik esa 106,0 kg/m³ dan 116,7 kg/m³ gacha ortdi.

Inertsiya tuzatish koeffitsiyentining birdan atigi 0,0122 % ga farq qilishi ko‘rib chiqilgan ish rejimida bosim tenglamasini doimiy koeffitsiyentli muhandislik ko‘rinishiga keltirish mumkinligini ko‘rsatdi. Bosimning yuqori erkin chegarada nolga teng bo‘lishi va quyi chegaraga tomon eksponensial ortishi yechimning fizik mazmunga ega ekanligini tasdiqladi.

Taklif etilgan nazariy model g‘aramdan paxtani ajratish jarayonida qatlamning notekis zichlanishini oldindan baholash, freza tezligi va ish unumdorligini o‘zaro moslashtirish hamda texnologik oqimga barqaror xomashyo uzatish rejimlarini asoslashda qo‘llanishi mumkin. Model parametrlarini ishlab chiqarish sharoitidagi tajribalar bilan aniqlashtirish uning amaliy aniqligi va turli g‘aram o‘lchamlariga moslashuvchanligini oshiradi.

References

1. Kong F., Wu T., Chen C., Sun Y., Xie Q., Shi L. Mechanical properties and construction of constitutive model for compression and stress relaxation of seed cotton. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(7), 53–60. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.07.007.
2. Wang J., Zhang H., Wang L., Wei X., Wang M., Gu Y., Cai Y. Experimental Study and Simulation of the Stress Relaxation Characteristics of Machine-Harvested Seed Cotton. Applied Sciences, 2021, 11(21), 9959. DOI: 10.3390/app11219959.
3. Fu X., Wei X., Wang M., Zhang H., Wang L., Wang J., Zheng Y. Compression Molding Characteristics of Seed Cotton and Damage from Cottonseed Crushing. Agriculture, 2024, 14(1), 92. DOI: 10.3390/agriculture14010092.
4. Wei X., Wang M., Zhang H., Wang L., Du X., Chen L., Zhi S. Effect of Cyclic Loading Treatment on the Compression Energy and Creep Properties of Machine-Harvested Seed Cotton. Agriculture, 2024, 14(2), 239. DOI: 10.3390/agriculture14020239.
5. Wei X., Zhang H., Wang J., Li S., Wang L., Du X. Experimental Study and Simulation on the Creep Characteristics of Machine-Harvested Seed Cotton. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2024, 17(1), 241–250. DOI: 10.25165/j.ijabe.20241701.7705.
6. Li Y., Zhao Y., Zhou M., Tian X., Yin D., Qiao H., Wang W. Research on Axial Load Transfer Law of Machine-Picked Seed Cotton and Discrete Element Simulation. AgriEngineering, 2026, 8(1), 7. DOI: 10.3390/agriengineering8010007.
7. Zheng Y., Wang M., Du X., Zhang H., Wang L., Wei X., Fu X., Wang J. Compressive mechanical properties of cottonseed. Frontiers in Materials, 2023, 10, 1322301. DOI: 10.3389/fmats.2023.1322301.
8. Womac A.R., Byers E.E., Thomas K.G., Hillenbrand B., Smith A., Bitra V.S.P. Modeling Cotton Module Builder and Loader to Enhance Biomass Testing. Applied Engineering in Agriculture, 2021, 37(5), 911–928. DOI: 10.13031/aea.14414.
9. Ruzmetov, M., Ruzmetov, R., Gapparova, M., & Tuychiev, T. (2022, May). Research of Changes in Process Parameters of Raw Cotton During Storage. In *International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry "Interagromash""* (pp. 2075-2083). Cham: Springer International Publishing.
10. Funk P.A., Wanjura J.D. Seed Cotton Unloading Systems. Journal of Cotton Science, 2017, 21(1), 51–59. DOI: 10.56454/ZJJG4144.

11. Wang T., Hardin R.G. IV, Ward J.K., Wanjura J.D., Barnes E.M. A smart cotton module tracking and monitoring system for handling logistics and cover damage. Computers and Electronics in Agriculture, 2021, 193, 106620. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106620.
12. Delhom C.D., van der Sluijs M.H.J., Wanjura J.D., Thomas J.W. Evaluation of Practices to Unwrap Round Cotton Modules. Journal of Cotton Science, 2023, 27(2), 90–101. DOI: 10.56454/IPOU8527.
13. Armijo C.B., Whitelock D.P., Funk P.A., Thomas J.W. Evaluating Alternative Seed-Cotton Reclaimers for High-Speed Roller Ginning. Applied Engineering in Agriculture, 2020, 36(3), 245–256. DOI: 10.13031/aea.13704.
14. Ashley H., Thomas J., Holt G.A., Valco T.D. Cottonseed Air-Handling and Storage Requirements. Journal of Cotton Science, 2018, 22(1), 47–59. DOI: 10.56454/FZZP5205.
15. Pelletier M.G., Byler R.K. Moisture Measurement. Journal of Cotton Science, 2020, 24(3), 121–130. DOI: 10.56454/TIGG3482.

UDK: 621.021.152.001.572

CHIGITDAN MOMIQ AJRATUVCHI TEXNIKA VA TEXNOLOGIYALAR TAHLILI

J.Y.Shoymatov, B.E.Qarshiyev, K.Y.Abdullayev, SH.Y.Abdullayev
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya:*Ushbu maqolada paxta tozalash korxonalarida va yog‘-moy korxonalarida chigitdan momiq ajratuvchi texnika va texnologiyalar tahlili, chigitdan momiq ajratish jarayoni, dolzarbligi, hozirgi kundagi ahamiyati, bugungi kunda momiq olish texnologik jarayonnini takomillashtirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan ilmiy izlanishlar, qayta ishlanadigan chigitli paxtaning seleksion va sanoat naviga qarab chigitlarda jinlashdan keyingi tukdorligi, linterning ishlash prinsipi, knematik sxemasi, texnologik jarayon ketma-ketligi, linterning ishlash jarayoni va ushbu jarayonlar bilan bog‘liq muammolar, kamchiliklar, avzalliklar to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan. Bundan tashqari jinlash jarayonidan keyin chigitda lint (momiq) va delint (kalta momiq) nomi bilan yuritiladigan tolalar qatlami qolishi. Qayta ishlanadigan chigitli paxtaning seleksion va sanoat naviga qarab chigitlarda jinlashdan keyin har xil miqdorda o‘rta tolali paxta chigitlarida 11-17 % ingichka tolali paxta chigitlarida esa 2,4-5 % gacha momiq va kalta momiq qolishi. O‘zbekiston paxta tozalash sanoatida (PDI70-2017) muvofiqlashtirilgan texnologiyaga asosan chigitdan momiq ajratish korxonalarning o‘zida amalga oshirilishi. Xorijiy davlatlarda esa tolasi ajratilgan chigitdan momiq ajratish paxta tozalash korxonasidan tashqarida alohida amalga oshirilishi, linterning rivojlanish tarixi, bosqichlari va linterlarning ko‘ndalang qirqim sxemalari to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.*

Kalit so‘zlar: *Linter, paxta, momiq, tola, chigit, ifloslik, namlik.*

Аннотация: *В данной стате представлен анализ техники и технологий отделения линта от семян на хлопкоочистителных предприятиях и масложировых предприятиях, процесс отделения линта от семян, актуальность, современное значение, проводимые на сегодняшний день научные исследования по совершенствованию технологического процесса получения линта, волокнистость семян после джинирования в зависимости от селекционного и промышленного сорта перерабатываемого хлопка-сырца, принцип работы линтера, кинематическая схема, последовательность технологического процесса, процесс работы линтера и связанные с этими процессами проблемы, недостатки, преимущества. Кроме того, после процесса джинирования в семенах остается слой волокон, называемый линтом и делинтом. В зависимости от селекционного и промышленного сорта перерабатываемого хлопка-сырца в семенах после джинирования остается различное количество пуха и короткого пуха в средневолокнистых хлопковых семенах 11-17% и в тонковолокнистых хлопковых семенах 2,4-5%. В хлопкоочистительной*

промышленности Узбекистана (ПДИ70-2017) отделение линта от семян хлопчатника по согласованной технологии осуществляется на предприятиях. В зарубежных странах отделение волокна от семян хлопчатника осуществляется отдельно вне хлопкоочистительного завода, приведены сведения об истории развития линтера, этапах и схемах поперечного сечения линтеров.

Ключевые слова: *Линтер, хлопок, линт, волокно, семена, грязь, влага.*

Annotation: *This article analyzes the techniques and technologies for separating lint from seeds in cotton ginning and oil and fat enterprises, the lint separation process from seeds, the relevance, modern significance of scientific research conducted to date on improving the technological process of lint production, seed fiberiness after ginning depending on the selection and industrial grade of processed raw cotton, the working principle of the linter, the kinematic scheme, the sequence of the technological process, the working process of the linter, and related problems, disadvantages, and advantages. In addition, after the ginning process, a layer of fibers called lint and lint remains in the seeds. Depending on the breeding and industrial grade of the processed raw cotton, different amounts of down and short down remain in the seeds after ginning in medium-staple cotton seeds of 11-17% and in fine-staple cotton seeds of 2.4-5%. In the cotton ginning industry of Uzbekistan (PDI70-2017) separation of lint from cotton seeds according to the agreed technology is carried out at enterprises. In foreign countries, fiber separation from cotton seeds is carried out separately outside the cotton ginning plant, and information on the history of linter development, stages, and cross-sectional schemes of linters has been provided.*

Key words: *Linter, cotton, lint, fiber, seeds, dirt, moisture.*

Kirish. Jaxonda paxtani dastlabki ishlash texnika, texnologiyasi va ularning ilmiy asoslarini takomillashtirish bo‘yicha keng miqyosda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Xususan, mashinada terilgan paxtani dastlabki ishlash samarali texnologiyasini ishlab chiqish, paxta chigitini tolasi ajratilgandan keyin qayta ishlashning ilmiy ko‘rsatkichlarini aniqlash, tolasi ajratilgan chigitdan momiq ajratishda qatnashuvchi ishchi qismlari ko‘rsatkichlarini aniqlash va ularni muqobillashtirish zarurdir. Hozirgi paytda momiq mahsulotiga dunyo ishlab chiqarishida katta ehtiyoj bo‘lganligi sababli, paxtani dastlabki ishlash jarayonida momiq olinishiga sarflanayotgan energiya xarajatlarini tejash hisobiga momiqning tannarxini kamaytirishga va uning sifatini oshirishga katta e’tibor berilishi kerakligini ko‘rsatmoqda. Lekin, bugungi kunda momiq olish texnologik jarayonnini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlarda yangi yo‘nalishlar asosida linter mashinasi texnologiyasini o‘zgartirishning samarali yechimi topilmagan.

Asosiy qism: Paxta tozalash sanoati rivojlanishining boshlang‘ich davrlarida momiqga xo‘jalik uchun foydalanilmaydigan mahsulot deb qaralgani uchun paxta tozalash korxonalarida momiq ajratish amalga oshirilmagan. Chigitlardan momiq ajratish paxta moyi ishlab chiqariladigan korxonalarda chigitdan moy chiqarishni kamaytirmaslik uchun chigitlarni ikki yoki uch marta bosqichda tashkil qilingan. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi rivojlanishi natijasida 1869 yilda birinchi linter mashinaga patent berilgan.

O‘rta Osiyoda birinchi linter sifatida “Karver” firmasining (AQSh) 106 arrali linter mashinasi qo‘llanilgan. Jinlash jarayonidan keyin chigitda lint (momiq) va delint (kalta momiq) nomi bilan yuritiladigan tolalar qatlami qoladi. Qayta ishlanadigan chigitli paxtaning seleksion va sanoat naviga qarab chigitlarda jinlashdan keyin har xil miqdorda o‘rta tolali paxta chigitlarida 11-17 % ingichka tolali paxta chigitlarida esa 2,4-5 % gacha momiq va kalta momiq qoladi. O‘zbekiston paxta tozalash sanoatida muvofiqlashtirilgan texnologiyaga asosan chigitdan momiq ajratish korxonalarning o‘zida amalga oshiriladi. Xorijiy davlatlarda esa tolasi ajratilgan chigitdan momiq ajratish paxta tozalash korxonasidan tashqarida alohida amalga oshiriladi.

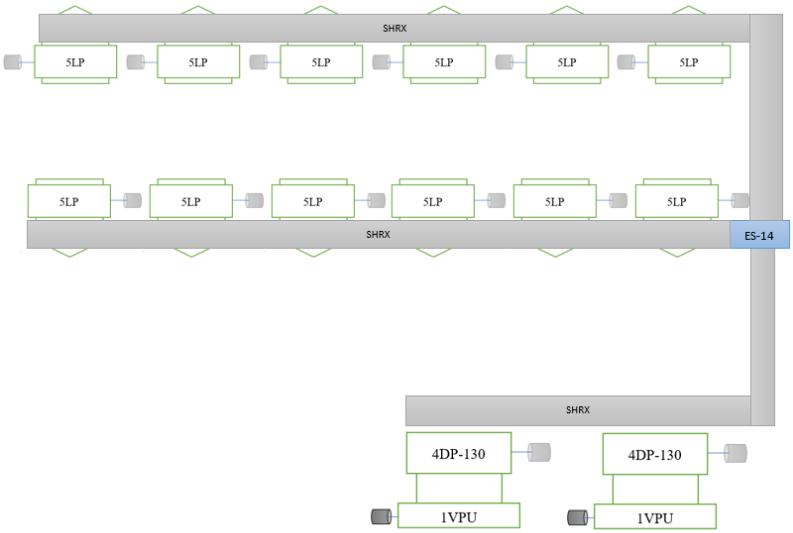
Chigitdan momiq ajratish texnologik ish jarayoni quyidagicha olib boriladi (1-rasm). Arrali jinlardan so‘ng chigit elevator orqali linterlarga tarqatiladi. Momiq ajratish qatori 8-12 ta linterdan iborat. Ular ikki qatorda to‘rttadan, beshtadan yoki oltitadan o‘rnatiladi. Har bir linter qatoridan olingan momiq kondensorga yuboriladi, keyin momiq tozalagichda tozalanadi va toylanadi.

Linter mashinalari asosiy ishchi qismining konstruksiyasi va momiqni chigitdan ajratish texnologik

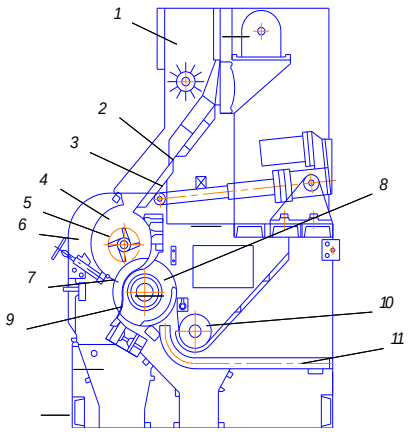
jarayoni jihatidan arrali jinlarga o‘xshaydi. Linterlarda ham jindagidek oldi fartuk, chigit tarog‘i, kolosnikli panjara va ishchi kamera bor. Shu kamerada chigitlardan arrali silindr va kolosnikli panjara yordamida momiq ajratiladi. Arra tishi yuzasidagi momiqni ajratish uchun, cho‘tkali baraban yoki havo oqimida ishlaydigan moslamadan foydalaniladi. Ishchi kameraga chigitlarni yetkazish uchun undagi chigit valigining zichligiga qarab chigit miqdorini ko‘paytiradigan yoki kamaytiradigan mexanizmlari bo‘lgan maxsus ta’minlagich o‘rnatilgan.

Respublikamizda yaratilgan birinchi linter XLO rusumli bo‘lib, bu linterlar paxta tozalash va moy chiqarish korxonalariga o‘rnatilgan. Izlanishlar natijasida keyingi linter XLF rusumli linter yaratilgan. Bu linter takomillashtirilib, 160 arrali PO-60, keyinchalik esa POM-160 markali linterlar paxta tozalash korxonalarida qo‘llanila boshlangan. Undan keyin chigit va momiq bo‘yicha ish unumdorligi yuqori bo‘lgan PMP-160 rusumli linter yaratilgan. Bu linterda ish kamerasi yuqorida ta’riflangan linterlarning ish kameralaridan farq qilib, chigit kirish qismi kengaytirilgan va diametri 130 mm to‘zitgich o‘rnatilgan. Uning aylanish soni 500 ayl/daqiqa gacha oshirilgan, hamda ikki barabanli ta’minlagich-tozalagich o‘rnatilgan.

Xitoy halq respublikasida ishlab chiqarilgan MR 160-11C rusumli arrali linterida (2-rasm) arrali silindr aylanishlar sonini 1500 ayl/daqiqa ga yetkazilib, ularning chigit o‘tkazish bo‘yicha ish unumdorligi oshirilgan. Lekin bu holatda olinayotgan momiq sifati pasayganligi aniqlangan.



1-rasm. Chigitdan momiq ajratish texnologik jarayon sxemasi



1-ta’minlash tizimi, 2-tarnov, 3-magnit qoplama, 4-ishchi kamera, 5-to‘zitgich, 6-fartuk, 7-chigit tarog‘i, 8-arrali silindr, 9-kolosnikli panjar, 10-ulyuk shnegi, 11-momiq kanali.

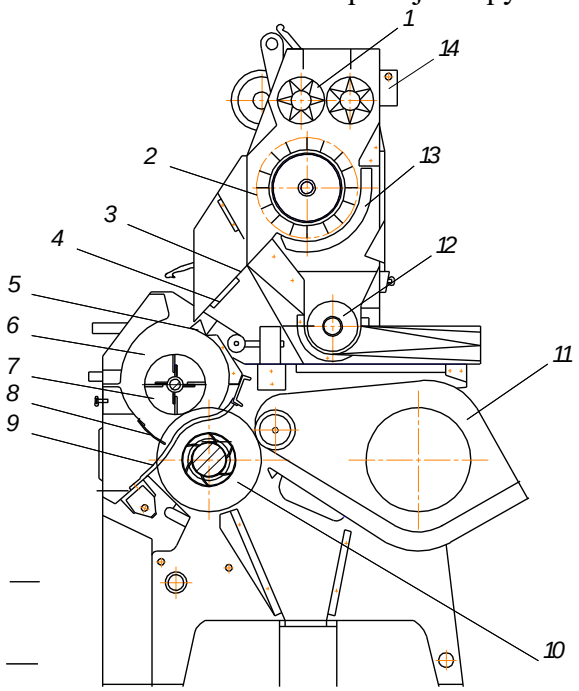
2-rasm. MR160-11C rusumli linterning sxemasi

1981 yilda 5LP rusumli linter yaratilgan (3-rasm). Bu linter hozirgi kunga qadar paxta tozalash korxonalarida ishlatilib kelinmoqda.

Bu linterda momiq ajratish jarayoni qo‘yidagicha bajariladi. Chigitlar linterning ish kamerasiga mashinaning uzunligi bo‘yicha ta’minlagich novidan bir tekisda tushadi. Ta’minlovchi baraban plankasi orqali hosil qilingan markazdan qochma kuch yordamida mayda iflosliklar to‘rli yuza 13 orqali ajralib chiqadi. Shnek 12 orqali ajratilgan iflosliklar qobiqning boshiga tashilib, undan pnevmotransport yordamida so‘rib olinadi. Ish kamerasida 6 aylanayotgan arrali silindr 10 va to‘zitg‘ich 7 ta’sirida chigitlar zichlangan aylanuvchi valik hosil qiladi. Arrali silindr 10 arralari aylanib turgan chigit valigiga kirib borib, chigit sirtidagi momiqlarni qirib olib, ularni kolosnik panjarasidan tashqariga chiqaradi. Havo moslamasi yuqorigi soplosidan puflanayotgan havo oqimi arra tishlaridagi momiqni ajratib, quvur bo‘ylab batareya kondenseriga yetkazib beradi. Chigitlar momig‘i ma’lum darajada olingandan keyin, ular aylanayotgan valikdan ajralib, kolosnik ustiga tushadi, so‘ngra pastga sirpanib, taroq va kolosniklar orasidan o‘tib, yig‘ish konveyeriga tushadi va navbatdagi ishlov berish mashinalariga yuboriladi. Momiqni arra tishlardan ajratish vaqtida ajralgan o‘lyuk va mayda iflosliklar konveyer orqali mashinadan tashqariga chiqariladi.

5LP rusumli linterining ishchi kamerasi murakkab bo‘lgan qismlardan tashkil topgan. Bu uskunaning chigit bo‘yicha ish unumdorligi pastligi korxonada sarf xarajatlar oshishiga sabab bo‘lmoqda. Shu sababli, ishchi qismlari va texnologik jarayoni takomillashgan linter uskunasini yaratish bo‘yicha olib boriladigan tadqiqotlar juda dolzarbdir.

5LP-rusumli momiq ajratgichning birinchi texnologik kamchiligi shundan iboratki, chigit tarog‘i va kolosnik orasidagi tirqish kamayganda chigitli valikning zichligi ortadi, bu momiq ajratish miqdorini qo‘paytirgan holda linterning chigit o‘tkazish bo‘yicha ish unumdorligini kamaytiradi. Ushbu tirqish kengayishi bilan, aksincha, chigitdan momiqni ajratib olish ko‘rsatkichi kamayadi va momiq ajratgichning chigit bo‘yicha o‘tkazish qobiliyati ortadi. Ushbu ko‘rsatkichlar orasidagi muqobil o‘zaro munosabatni saqlash juda qiyin.



1-ta’minlash valiklari, 2- tekislovchi-tozalovchi baraban, 3- tarnov, 4- magnit qoplama, 5-zichlik klapani, 6-ishchi kamera, 7-to‘zitgich, 8- chigit tarog‘i, 9-kolosnikli panjara, 10-arrali silindr, 11-havo kamerasi, 12-shnek, 13- to‘rli yuza, 14-rostlovchi yuk.

3-rasm. 5LP rusumli linterining sxemasi

Ishchi kamerada momiq ajratish jarayoni kechishi uchun chigitli valikning tashqi qatlami zich bog‘langan strukturaga ega bo‘lishi va harakatlanishda barqaror bo‘lishi kerak, chigit valigi kameraning yuqori qismidan o‘tishida buzilib ketmaslik holatini hosil qilish uchun zichlantirish klapini qo‘llaniladi. Chigitlarni ishchi kameraga bir tekisda uzatish uchun ikkita yulduzcha, IVA

variator, ikkita yelka, zanjir va zichlantirish klapinidan iborat bo‘lgan murakkab mexanik tizim qo‘llalinganligi ham momiq ajratgich konstruksiyasini murakkablashtiradi.

Momiq ajratgich mashinasining ish unumdorligi umumiy holatda chigitlar ishchi kamerada bo‘lgan vaqtga, arralarning va chigitlarniing kontaktda bo‘lish soniga proporsional. Chigitning arralar orasida bo‘lish holatidan tashqari, ajratilgan chigitni arra tishlari bilan kontaktda bo‘lish ehtimoli arralar orasidagi masofa kattaligiga bog‘liq bo‘ladi. Arralar orasidagi masofa kamayishi bilan, chigitning arra tishi bilan ta’sir ehtimoli ortadi. 5LP momiq ajratgich mashinasining uchinchi kamchiligi shundan iboratki, arralar orasidagi masofani kamaytirishning iloji yo‘q, chunki oraliq masofa kamayishi bilan ishchi kameradagi chigitlar arrali disk o‘rtasidagi oraliqdan chiqa olmaydi, faqatgina chigit tarog‘i va arra o‘rtasidagi tirqishdan chiqib ketadi, bu o‘z navbatida momiq ajratgichning ish unumdorligini kamaytiradi.

MR160-11C linterida texnologik jarayon 5LP linteridan farq qilmaydi. Faqat, arra tishidan momiqni ajratish, so‘rib olish usulida bajariladi. Bu holat 5LP linterlari uchun o‘rganilmagan. Bu usulni o‘rganish va uning ratsional texnologik ko‘rsatkichlarini aniqlash ilmiy izlanishning bir yo‘nalishidir. Ayrim chet el linterlarida arra tishi yuzasidan momiqni ajratib olish, aylanish tezligi arrali silindr aylanish tezligiga nisbatan bir necha barobar katta cho‘tkali-ajratuvchi barabanlarda bajariladi. Lekin cho‘tkalardan foydalanish qo‘shimcha harajatlarni keltirib chiqaradi. Linterlash jarayonida chigitlardagi tukdorlik miqdorining kamligidan chigit valigi arra ta’sirida aylana olmaganligi sababli, arrali silindr aylanishiga teskari aylanadigan to‘zitgich o‘rnatilgan.

To‘zitqich konstruksiyasida valga uning uzunligi bo‘yicha to‘rtta metall planka o‘rnatiladi. Bu plankalarning balandligi bir xil bo‘lib uzunligi ish kamerasining yon devorlariga yetmaydigan bo‘lishi kerak.

To‘zitg‘ich linter kamerasiga o‘rnatilganda plankalar bilan arra tishlari orasi 9-12 mm tirqish bilan o‘rnatiladi. Bu tirqish ishlanayotgan chigitning sanoat naviga qarab o‘zgartiriladi.

Linter ishchi kamera va uning ishchi qismlarini takomillashtirish bo‘yicha dastlabki tadqiqotlar Sorkin N.B. va Vasilev S.P. tomonidan amalga oshirilgan. Ular tomonidan XLO linteri to‘zitqich diametrini 120 mm gacha yetkazish taklif bergan bo‘lsa, Levkovich B.A. o‘zining tadqiqotlarida to‘rt lopastli to‘zitqich ishlatilishi samarali ekanligini aniqlagan, linterni takomillashtirish bo‘yicha Ivanov S.P. olib borgan ilmiy izlanishilarda oldingi fartuk va arrali silindrni turli xil holatlarida to‘zitqichning diametrini 115, 130, 140 va 150 mm bo‘lgandagi holati o‘rganilgan.

Ivanov S.P. tomonidan chigitdan olinadigan momiq miqdori arra yuzasining tolali chigitlar bilan to‘qnashish miqdoriga hamda arralar orasidagi masofa va chigit tarog‘i holatiga bog‘liqligi ko‘rib chiqilgan bo‘lsa, Bekmuxammedov A.D. tomonidan parraklar sonining 4 tadan 12 tagacha bo‘lishida uning shakllarining ta’siri o‘rganilgan. Izlanuvchi tomonidan to‘zitqichdagi parraklar soni 4 tadan 8 tagacha bo‘lganda linterning ish unumdorligi oshishi kuzatilgan, lekin parraklar soni yanada oshirilganda mashinaning ish unumdorligi kamayishiga olib kelgan.

Hozirgi kunda linterlarda R.Sh.Sulaymonov tomonidan taklif qilingan qiya diskli to‘zitgichlar o‘rnatilgan. Bu to‘zitgichning samaradorligi, chigit kamerasida hosil bo‘luvchi chigit valigi o‘zgaruvchanligini ta’minlashidadir.

Xulosa: Momiq ajratish jarayoni samaradorligini oshirish bo‘yicha shu kunga qadar qilingan ilmiy tadqiqotlar va ishlab chiqarishdagi muammolar tahlili, momiq ajratish jarayonining takomillashgan texnologiyasini yaratish hamda bu texnologiyaning linter ish unumdorligiga, momiq sifat ko‘rsatkichlariga ta’sirini o‘rganish zarurligini ko‘rsatdi.

Reference

1. Paxtani dastlabki ishlash muvofiqlashtirilgan texnologiyasi (PDI 70-2017) Paxtasanoatilm AJ Toshkent 2017. 91 b
2. F.B.Omonov umumiy taxriri ostida “Paxtani dastlabki ishlash bo‘yicha spravochnik” Toshkent “Voris nashriyot”, 2008 y

3. Paxtani dastlabki ishlash muvofiqlashtirilgan texnologiyasi “O‘zpaxtasanoat” uyushmasi “Paxtatozalash IIChb” OAJ, Toshkent. 2017 y.
4. Ochilov M.M, Xakimov Sh.Sh. Paxta chigitidan momiq ajratish muammolari. To‘qimachilik muammolari jurnali. Toshkent 2018 y. №2. 20 b.
5. Ochilov M.M., Xakimov Sh.Sh. Modernized linter machine// International Journal of Advenced Research in Science, Engineering and Technology. 2019. 11. 11665-11671 b.
6. Parpievich P. A. et al. ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE INITIAL OPERATION OF COTTON WITH HIGH MOISTURE IN COTTON CLEANING PLANTS //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2022. – T. 10. – №. 11. – S. 1026-1029.
7. Ochilov M.M., Xakimov SH.SH. Mashina dlya otdeleniya linta ot djinrovannix semyan. Moskva 2018 g. Jurnal UNIVERSUM: texnicheskiye nauki. S 16-18.
8. Parpievich P. A. et al. ANALYSIS OF MOISTURE AT DIFFERENT POINTS OF COTTON IN THE GARMENT DURING THE STORAGE PROCESS OF HIGH-HUMIDITY COTTON //Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. – 2022. – T. 1. – №. 3. – S. 83-86.
9. Parpiev A. P. i dr. Namligi yuqori paxtani saqlash jarayonida g‘armdagi paxtaning turli nuqtalaridagi ifloslikning notekisligi taxlili //Novosti obrazovaniya: issledovanie v XXI veke. – 2022. – T. 1. – №. 5. – S. 162-164.
10. Yusup o'g'li A. S. et al. SELECTION OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE PREPARATION OF COTTON STORAGE AT HIGH MOISTURE //International journal of advanced research in education, technology and management. – 2023. – T. 2. – №. 4.
11. Abdullaev K. Y. i dr. Xorijiy davlatlarda paxta saqlash tajribasi taxlili //scientific approach to the modern education system. – 2023. – T. 2. – №. 15. – S. 133-135.
12. Parpiev A.P. Raxmatov G‘. “Paxtani tozalashga ta’sir etuvchi omillar tahlili” TTESI. FarDU Respublika ilmiy-amaliy anjumani 1-shuba Toshkent (2019)
13. Davlat standarti O‘zDSt – 662: 2016. “Paxta momig‘i. Iflos aralashmalar va butun chigitlarning massaviy ulushini aniqlash usullari” O‘zbekiston standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish agentligi, Toshkent, 2016 y. 6 b.
14. Ochilov M.M., Xakimov SH.SH., Tursunov X.K.. Texnologicheskiye parametri mashini dlya otdeleniya linta ot djinirovanix semyan// Universum: Texnicheskiye nauki, Nauchniy jurnal. Aprel, Moskva 2019 g. 20-22 s.
15. Ochilov M.M., Xakimov Sh.Sh. Paxta chigitidan momiq ajrativchi takomillashgan texnologiyali mashina. To‘qimachilik muammolari jurnali. Toshkent 2018 y. №3. 20-24 b.

UDK 677.21:631.362.3

HAVO OQIMIDAN PAXTA XOMASHYOSINI SAMARALI AJRATIB OLUVCHI SEPARATORLAR TURLARI VA ULARNING TAHLILI

B.F.Choriyev, Sh.Y.Abdullayev
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya:*Ushbu maqolada paxta tozalash korxonalarida va boshqa sanoat korxonalarida ishlatilib kelayotgan separatorlar, havo bilan tashib kelinayotgan paxtalarni havosidan ajratib keyingi jarayonga o‘tkazib berishi to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan. Separatorlardan foydalanganda omillarni hisobga olish juda muhimdir, chunki har bir separator turli xususiyatlarga ega ekanligi va turli ishlov berish sharoitlariga moslashtirilganligi, separatorlarning ishlash samaradorligini aniqlashda ularning dizayni, foydalanilayotgan*

materialning fizik va kimyoviy xususiyatlari, hamda ajratish jarayonining o‘ziga xos talablari hisobga olinishi, shu sababli, separatorlarning turlari va ularning ishlash prinsiplari texnologik jarayonlarni optimallashtirishda katta rol o‘ynashi, to‘g‘ri separator tanlash turli aralashmalarni samarali ajratib olish va shu orqali ishlab chiqarish jarayonlarini optimal boshqarish imkonini berishi, separatorlar zamonaviy sanoat tarmoqlarida, shu jumladan, neft-gaz, kimyo, kon, oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish va qishloq xo‘jaligida keng qo‘llanilishi to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan. Paxta tozalash jarayonida separatorlar muhim texnik vositalar sifatida xizmat qiladi. Ushbu jarayonning asosiy maqsadi paxtani turli xil aralashmalardan ajratib olish va yuqori sifatli toza paxta tolasi olishdan iboratligi, separatorlar birinchi navbatda paxta ichidagi aralashmalarni barglar, somon, toshlar, chang va boshqa begona buyumlarni paxta tolasi va urug‘idan samarali ajratib olishda yordam beradishi, pnevmatik separatorlar esa paxta va boshqa aralashmalarni ajratishda havo oqimidan foydalanishi, havo oqimi yordamida yengil va og‘ir moddalar bir-biridan ajratiladi, bu esa toza paxta olish jarayonini yanada samarali amalga oshirishi keltirilgan.

Kalit so‘zlar: *Separator, paxta, tola, chigit, ifloslik, namlik.*

Аннотация: *В данной статье представлена информация о сепараторах, применяемых на хлопкоочистительных и других промышленных предприятиях. Описан принцип их работы, заключающийся в отделении транспортируемого воздушным потоком хлопка-сырца и его передаче на следующий этап технологического процесса. При использовании сепараторов крайне важно учитывать различные факторы, поскольку каждый тип сепаратора обладает уникальными характеристиками и адаптирован к определённым условиям обработки. При определении эффективности работы сепараторов принимаются во внимание их конструкция, физико-химические свойства используемого материала, а также специфические требования процесса разделения. В связи с этим, знание видов сепараторов и принципов их работы играет большую роль в оптимизации технологических процессов. Правильный выбор сепаратора позволяет эффективно разделять различные смеси и таким образом, оптимально управлять производственными процессами. В тексте приведены сведения о том, что сепараторы широко применяются в современных отраслях промышленности, включая нефтегазовую, химическую, горнодобывающую, пищевую и сельскохозяйственную. В процессе очистки хлопка сепараторы служат важным техническим средством. Основной целью данного процесса является отделение хлопка от различных примесей и получение высококачественного чистого хлопкового волокна. Было отмечено, что сепараторы, в первую очередь, помогают эффективно отделять примеси, такие как листья, солома, камни, пыль и другие посторонние предметы, от хлопкового волокна и семян. В свою очередь, пневматические сепараторы используют воздушный поток для разделения хлопка и примесей. С помощью воздушного потока легкие и тяжелые частицы отделяются друг от друга, что делает процесс получения чистого хлопка еще более эффективным.*

Ключевые слова: *Сепаратор, хлопок-сырец, волокно, семена хлопчатника, сорность, влажность.*

Annotation: *This article provides information about separators used at cotton gins and other industrial facilities. It describes their principle of operation, which involves separating raw cotton transported by an air stream and transferring it to the next stage of the production process. When using separators, it is crucial to consider various factors, as each type of separator has unique characteristics and is adapted to specific processing conditions. When determining the effectiveness of separators, their design, the physical and chemical properties of the material used, and the specific requirements of the separation process are taken into account. In this regard, knowledge of separator types and their operating principles plays a significant role in optimizing technological processes. The correct choice of a separator allows for the efficient separation of various mixtures and, thus, the optimal management of production processes. The text provides*

information that separators are widely used in modern industrial sectors, including oil and gas, chemical, mining, food, and agricultural industries. In the process of cotton cleaning, separators serve as an important technical tool. The main purpose of this process is to separate cotton from various impurities and obtain high-quality pure cotton fiber. It was noted that separators, first of all, help to effectively separate impurities such as leaves, straw, stones, dust, and other foreign objects from cotton fiber and seeds. In turn, pneumatic separators use air flow to separate cotton and impurities. With the help of air flow, light and heavy particles are separated from each other, which makes the process of obtaining clean cotton even more efficient.

Key words: *Separator, raw cotton, fiber, cottonseed, trash content, moisture content.*

Kirish. Jahonda atrof-muhitni ekologik toza saqlash va korxonalardan havoga chiqindilarni chiqishini bartaraf etish hamda xomashyolarni qayta ishlash sohasida chiqindisiz texnologiyalarni yaratish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, paxtaga dastlabki ishlov berishda va tozalashda atrof muhitga chiqayotgan chang havoni tozalash, ekologik standartlarga moslashtirish, tozalash mashinalarning texnika texnologiyalarini yangilash, tozalash jarayonida chiqadigan iflosliklarni atrof-muhitga tarqalishini oldini olish, paxta tolasiga ishlov berish jarayonida dastlabki sifat ko‘rsatkichlarini saqlash bo‘yicha tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga paxtani havodan ajratish jarayonida paxta tolasini hamda paxta chigitini mexanik shikastlanishini oldini olish, paxtani havodan ajratib olish jarayonlarini takomillashtirish, yangi resurs tejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqarishga tadbiq etish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda. Bugungi kunda Xitoy, AQSh, Brazilya, Hindiston, O‘zbekiston, Pokiston hamda Meksika asosiy paxta etishtiruvchi mamlakatlar hisoblanadi. Bu borada, jumladan paxta tozalash korxonalarini yangi texnika va texnologiyalar bilan qayta jihozlash, paxtani havodan ajratish jarayonida paxta oqimini teng taqsimlovchi texnologiyani yaratish uning tabiiy xususiyatini saqlashga, ayniqsa paxta chigitini mexanik lat eyishi darajasini pasaytirishga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Asosiy qism: Separatorlar sanoatda ajratish jarayonlarini amalga oshirish uchun keng qo‘llaniladigan qurilmalardir. Separatorlar turli xil moddalarni ajratib olishda ishlatiladi, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtiradi va mahsulot sifatini oshiradi.

Separatorlar, asosan, quyidagi turlarga bo‘linadi:

-Siklon separatorlar: Bu separatorlar gaz oqimidan qattiq zarrachalarni ajratib olishda foydalaniladi. Siklon separatorlarda gaz oqimi aylanma harakat qiladi va markazdan qochma kuch tufayli og‘ir zarrachalar separator devorlariga yaqinlashib, pastga tushiriladi. Siklon separatorlar 5 mikrometrgacha bo‘lgan zarrachalarni samarali ushlanganida qo‘llaniladi.

-Gravitatsion separatorlar: Ushbu separatorlar aralashmalarning komponentlarini ularning zichligi farqiga qarab ajratib olishda ishlatiladi. Moddalar ajralishi gravitatsiyaga bo‘ysunuvchi kuch tufayli sodir bo‘ladi. Ushbu separatorlar, masalan, neft va suv aralashmalarini ajratishda ishlatilishi mumkin.

-Tsentrifugal separatorlar: Tsentrifugal separatorlar markazdan qochma kuch yordamida aralashmalarni ajratishga mo‘ljallangan. Bu separatorlar yuqori tezlikda aylanib, aralashmadagi komponentlarni zichligi va boshqa fizik xususiyatlari bo‘yicha ajratadi. Ular quyqalarni ajratishda, krem va sutni ajratishda keng qo‘llaniladi.

-Ekran separatorlar: Bu turdagi separatorlar turli o‘lchamdagi zarrachalarni ajratishda qo‘llaniladi. Ekran separatorlarda material, o‘lchami har xil bo‘lgan teshiklar orqali elanishi natijasida ajratiladi. Ular mineral boyitishda va qishloq xo‘jaligida donlarni ajratishda ishlatiladi.

-Magnetik separatorlar: Ushbu separatorlar magnit xususiyatlarga ega bo‘lgan moddalarni ajratishda qo‘llaniladi. Foydali qazilmalarni boyitishda, masalan, temir rudalarini ajratish uchun ishlatiladi. Magnetik separatorlarda magnit maydon yordamida zarrachalar ajratiladi.

-Flotatsion separatorlar: Bu separatorlar suyuqlik ichida havo pufakchalari hosil qilinib, ma’lum zarrachalar ustida joylashishiga imkon berib, ular suv yuzasiga suzuradi va shu tarzda ajratiladi. Flotatsion separatorlar mineral boyitishda juda keng qo‘llaniladi.

-Qaytarib oqizuvchi separatorlar: Bu turga gaz-suyuqlik separatsiyasi uchun maxsus ishlab chiqilgan separatorlar kiradi. Suyuqlik ustidagi gaz qismi ajratilib olinadi. Gaz va suyuqlik tezlikka va zichlikka ko‘ra ajratiladi.

-Elektrostatik separatorlar: Ushbu separatorlar quruq qattiq moddalarni ularning elektrostatik zaryadiga asoslanib ajratadi. Elektrostatik separatorlar qishloq xo‘jaligida va qayta ishlash sanoatida qo‘llaniladi, masalan, urug‘larni ajratishda.

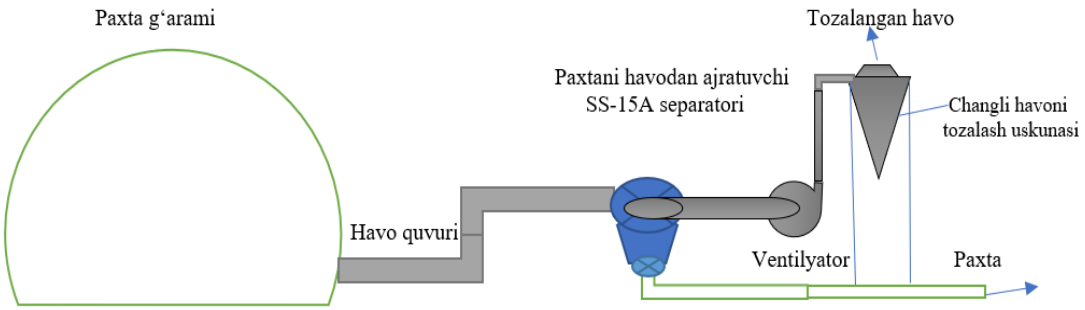
Separatorlardan foydalanganda omillarni hisobga olish juda muhimdir, chunki har bir separator turli xususiyatlarga ega va turli ishlov berish sharoitlariga moslashtirilgan. Separatorlarning ishlash samaradorligini aniqlashda ularning dizayni, foydalanilayotgan materialning fizik va kimyoviy xususiyatlari, hamda ajratish jarayonining o‘ziga xos talablari hisobga olinadi. Shu sababli, separatorlarning turlari va ularning ishlash prinsiplari texnologik jarayonlarni optimallashtirishda katta rol o‘ynaydi. To‘g‘ri separator tanlash turli aralashmalarni samarali ajratib olish va shu orqali ishlab chiqarish jarayonlarini optimal boshqarish imkonini beradi. Separatorlar zamonaviy sanoat tarmoqlarida, shu jumladan, neft-gaz, kimyo, kon, oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish va qishloq xo‘jaligida keng qo‘llaniladi.

Paxta tozalash jarayonida separatorlar muhim texnik vositalar sifatida xizmat qiladi. Ushbu jarayonning asosiy maqsadi paxtani turli xil aralashmalardan ajratib olish va yuqori sifatli toza paxta tolasi olishdan iborat. Separatorlar birinchi navbatda paxta ichidagi aralashmalarni: barglar, somon, toshlar, chang va boshqa begona buyumlarni paxta tolasi va urug'idan samarali ajratib olishda yordam beradi. Pnevmatik separatorlar esa paxta va boshqa aralashmalarni ajratishda havo oqimidan foydalanadi. Havo oqimi yordamida yengil va og‘ir moddalar bir-biridan ajratiladi, bu esa toza paxta olish jarayonini yanada samarali amalga oshiradi.

Xozirgi vaqtda paxta tozalash korxonalarida chigitli paxtani omborlardan ishlab chiqarishga va bo‘limlararo tashishning asosiy turlaridan biri pnevatik tashish usuli hisoblanadi.

Pnevmotashish sistemasini ishlatish va ta’mirlash oson, ishonchli hamda tashish jarayonida xomashyo yo‘qolishi ro‘y bermaydi.

Pnevmotashish tizimi (1-rasm) paxta bo‘yicha 10-12 t/soat ish unumiga ega bo‘lib, diametri 400 mm, uzunligi 200-250 m quvurlar, paxtani havodan ajratuvchi separator СС-15А yoki СХ, ventilatorlar ВЦ-8М, ВЦ-10М, ВЦ-12М, Ц6-35-9 ва Ц7-25-12,8 havo tozalovchi siklonlardan iborat. Bunda paxta havodan ajraladi va vakuum-klapan yordamida lentali konveyerga uzatilib, talab etilgan erga ko‘chiriladi. Natijada uni tarkibida separator asosiy qurilma bo‘lib, paxta havodan ajratib olinib, texnologik mashinalarga uzatiladi. Separatorlarning o‘rtacha ish unumdorligi 15 t/soatga teng. Mashina terimining keng qo‘llanilishi va etishtirilayotgan paxta xomashyosini tez fursatlarda yig‘ib-terib olinishi paxta tozalash sanoatining oldiga ishlab chiqarish quvvatini, uskunalarning ish unumdorligini oshishiga va shu bilan birga, tayyor mahsulot sifatini yaxshilash talabini qo‘ymoqda. Ushbu masalalarni echish paxtani tashuvchi pnevmotransportining ishlashiga ham ko‘p tomonlama bog‘liq, chunki u paxtani dastlabki ishlash texnologik jarayonida birinchi va asosiy bo‘lib hisoblanadi.



1-rasm. Paxtani bo‘limlar va texnologik jarayonlar o‘rtasida tashishning texnologik jarayon sxemasi

Paxtani tashish jarayonida paxta bilan qo‘shilib kelayotgan paxtani havodan ajratib keyingi jarayonga o‘tkazib berishda asosiy vazifani CC-15A separatorlari bajarsada, lekin bir qancha salbiy tasirlari ham bor. Jumladan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, paxtaning tabiiy xususiyatlariga salbiy ta’sir etuvchi asosiy omillardan biri bu tarmoqda o‘rnatilgan separatorlar ekanligini ko‘rishimiz mumkun. Bunda paxtaning separatorning barcha bo‘g‘inlarida harakati alohida ravishda o‘rganilishi kerak.

Hanuzgacha separatorlarni takomillashtirish bosqichida to‘rli yuza bilan paxta orasida bog‘lanish maksimal ravishda saqlanib kelayotganligi uning tabiiy xususiyatlarini salbiy tomonga oshishiga olib kelmoqda.

Hozirgi paytda, paxta zavodlari samaradorligini oshirish bilan birga, xodimlar uchun xavfsiz va sharoit yaratilgan muhitda faoliyat yuritadigan texnologiyalarni tanlamoqdalar. Umuman olganda, paxta tozalashda separatorlarning roli nafaqat ishlab chiqarish miqdorini oshirish, balki sifatni global bozorga mos darajada teng tutishga yordam beradi.

O‘zbekistonda paxta tozalash zavodlari uchun separatorlarning ishonchliligi va ish samaradorligini oshirish maqsadida zamonaviy texnologiyalar taklif qilinmoqda.

Siklon separatorlar: Siklon separatorlar havo yoki gazlardan qattiq zarrachalarni ajratish uchun ishlatiladi. Ular siklonli oqim hosil qilib, gaz va qattiq moddalarni ajratish uchun foydalaniladi. Odatda, ular changni tozalash tizimlarida qo‘llaniladi va gaz oqimini aylantirish orqali zarrachalarni ajratadi. Siklon separatorlarning samaradorligi ko‘p jihatdan oqim tezligiga va zarrachalarning o‘lchamiga bog‘liq. Sanoat separatorlarining ishlash parametrlari va samaradorligi ularning turiga, konstruksiyasiga va ishlash sharoitlariga qarab o‘zgaradi. Har bir separator turi ma’lum bir jarayon uchun optimallashtirilgan va bir nechta parametrlar asosida tanlanadi. Bu parametrlar ichida samaradorlik darajasi, energiya sarfi, o‘lchamlar, texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyojlari va o‘rnatish qulayligi kabi omillar bor. Separatorlarning to‘g‘ri tanlovi va ishlatilishi sanoat jarayonlarining samaradorligini oshiradi va operatsion xarajatlarni kamaytiradi.

Xulosa: Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkunki hozirgi paytda, paxta zavodlari samaradorligini oshirish bilan birga, xodimlar uchun xavfsiz va sharoit yaratilgan muhitda faoliyat yuritadigan texnologiyalarni tanlash, umuman olganda, paxta tozalashda separatorlarning roli nafaqat ishlab chiqarish miqdorini oshirish, balki sifatni global bozorga mos darajada teng tutishga yordam berish bilan bir qatorda, paxtani havo oqimidan ajratib olish jarayonida uni qatlamlarini titilish asosida tolani uzilishi hamda chigitni mexanik shikastlanishi ro‘y bermoqda. Ushbu jarayonni nazariy tomondan chuqur o‘rganish zarurati mavjud.

Paxtani havodan ajratish jarayonida qo‘llaniladigan separatorlarni texnologik jarayonini takomillashtirish maqsadida o‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlarning tahlili bu borada bir qator ilmiy hamda amaliy ishlarni amalga oshirish zarur ekanligini ko‘rsatmoqda.

Reference

1 . Paxtani dastlabki ishlash muvofiqlashtirilgan texnologiyasi (PDI 70-2017) Paxtasanoatilm AJ Toshkent 2017. 91 b

2. F.B.Omonov umumiy taxriri ostida “Paxtani dastlabki ishlash bo‘yicha spravochnik” Toshkent “Voris nashriyot”, 2008 y

3. Paxtani dastlabki ishlash muvofiqlashtirilgan texnologiyasi “O‘zpaxtasanoat” uyushmasi “Paxtatozalash IIChb” OAJ, Toshkent. 2017 y.

4. Ochilov M.M, Xakimov Sh.Sh. Paxta chigitidan momiq ajratish muammolari. To‘qimachilik muammolari jurnali. Toshkent 2018 y. №2. 20 b.

5. Ochilov M.M., Xakimov Sh.Sh. Modernized linter machine// International Journal of Advenced Research in Science, Engineering and Technology. 2019. 11. 11665-11671 b.

6. Parpievich P. A. et al. ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE INITIAL OPERATION OF COTTON WITH HIGH MOISTURE IN COTTON CLEANING PLANTS //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2022. – T. 10. – №. 11. – S. 1026-1029.
7. Ochilov M.M., Xakimov SH.SH. Mashina dlya otdeleniya linta ot djinrovannix semyan. Moskva 2018 g. Jurnal UNIVERSUM: texnicheskiye nauki. S 16-18.
8. Parpievich P. A. et al. ANALYSIS OF MOISTURE AT DIFFERENT POINTS OF COTTON IN THE GARMENT DURING THE STORAGE PROCESS OF HIGH-HUMIDITY COTTON //Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. – 2022. – T. 1. – №. 3. – S. 83-86.
9. Parpiev A. P. i dr. Namligi yuqori paxtani saqlash jarayonida g‘armdagi paxtaning turli nuqtalaridagi ifloslikning notekisligi taxlili //Novosti obrazovaniya: issledovanie v XXI veke. – 2022. – T. 1. – №. 5. – S. 162-164.
10. Yusup o'g'li A. S. et al. SELECTION OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE PREPARATION OF COTTON STORAGE AT HIGH MOISTURE //International journal of advanced research in education, technology and management. – 2023. – T. 2. – №. 4.
11. Abdullaev K. Y. i dr. Xorijiy davlatlarda paxta saqlash tajribasi taxlili //scientific approach to the modern education system. – 2023. – T. 2. – №. 15. – S. 133-135.
12. Parpiev A.P. Raxmatov G‘. “Paxtani tozalashga ta’sir etuvchi omillar tahlili” TTESI. FarDU Respublika ilmiy-amaliy anjumani 1-shuba Toshkent (2019)
13. Davlat standarti O‘zDSt – 662: 2016. “Paxta momig‘i. Iflos aralashmalar va butun chigitlarning massaviy ulushini aniqlash usullari” O‘zbekiston standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish agentligi, Toshkent, 2016 y. 6 b.
14. Ochilov M.M., Xakimov SH.SH., Tursunov X.K.. Texnologicheskiye parametri mashini dlya otdeleniya linta ot djinirovanix semyan// Universum: Texnicheskiye nauki, Nauchniy jurnal. Aprel, Moskva 2019 g. 20-22 s.
15. Ochilov M.M., Xakimov Sh.Sh. Paxta chigitidan momiq ajrativchi takomillashgan texnologiyali mashina. To‘qimachilik muammolari jurnali. Toshkent 2018 y. №3. 20-24 b.

UO‘K 677.021.16.002.68.001.36

QOZIQCHALI-PLANKALI BARABAN, PAXTA VA TO‘RLI YUZA O‘ZARO TA’SIRLASHUVINI TAHLILI

I.B Mardonov[1], A.P Parpiyev[2], X.A Gatayev [1], I.R.Shamsiyev[1], K.E.Shernazarov[2].
[1]Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti, [2]Jizzax politexnika institute

Annotatsiya: *Mazkur maqolada paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida qoziqchali baraban, paxta bo‘lakchasi va to‘rli yuza o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir jarayonlari nazariy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda paxta bo‘lakchasining geometrik o‘lchamlari, massasi hamda qoziqchali barabanning kinematik parametrlarining tozalash samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Paxta bo‘lakchasiga ta’sir etuvchi kuchlar asosida harakatning differensial tenglamasi tuzildi va paxta bo‘lakchasining tezligi hamda normal bosim kuchi orasidagi bog‘lanishlar aniqlandi. Shuningdek, qamrash burchagi, ishqalanish koeffitsiyenti va qoziqchaning chiziqiy tezligi iflosliklarni ajratish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omillar ekanligi asoslandi. Maple dasturi yordamida olingan grafik tahlillar paxta bo‘lakchasi massasi ortishi bilan normal bosim kuchi ham ortishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari qoziqchali baraban parametrlarini maqbul tanlash*

orqali paxtani tozalash samaradorligini oshirish va tolalarning mexanik shikastlanishini kamaytirish imkoni mavjudligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *paxta bo‘lakchasi, qoziqchali baraban, to‘rli yuza, normal bosim kuchi, mayda ifloslik, qamrash burchagi, harakat tezligi.*

Аннотация: *В данной статье проведён теоретический анализ процессов взаимодействия колкового барабана, хлопковых комков и сетчатой поверхности при очистке хлопка от мелких примесей. В исследовании изучено влияние геометрических размеров и массы хлопкового комка, а также кинематических параметров колкового барабана на эффективность очистки. На основе сил, действующих на хлопковый комок, составлено дифференциальное уравнение движения и определены зависимости между скоростью хлопкового комка и силой нормального давления. Кроме того, установлено, что угол охвата, коэффициент трения и линейная скорость колков являются основными факторами, влияющими на процесс отделения примесей. Графический анализ, выполненный с помощью программы Maple, показал, что с увеличением массы хлопкового комка возрастает и сила нормального давления. Результаты исследования показывают, что оптимальный выбор параметров колкового барабана позволяет повысить эффективность очистки хлопка и снизить механические повреждения волокон.*

Ключевые слова: *хлопковое сырьё, очиститель, колковые и пильчатые барабаны, отделяющий барабан, съёмная щётка, направляющий барабан.*

Annotation: *This article presents a theoretical analysis of the interaction processes between a peg drum, cotton clumps, and a mesh surface during the cleaning of cotton from fine impurities. The study examines the influence of the geometric dimensions and mass of the cotton clump, as well as the kinematic parameters of the peg drum on cleaning efficiency.Based on the forces acting on the cotton clump, a differential equation of motion is derived, and the relationships between the velocity of the cotton clump and the normal pressure force are determined. In addition, it is established that the angle of wrap, the coefficient of friction, and the linear speed of the pegs are the main factors influencing the impurity separation process.Graphical analysis performed using the Maple software showed that as the mass of the cotton clump increases, the normal pressure force also increases. The research results indicate that the optimal selection of peg drum parameters can improve cotton cleaning efficiency and reduce mechanical damage to fibers.*

Keywords: *raw cotton material, cleaner, peg and saw drums, separating drum, stripping brush, guiding drum.*

Kirish. Hozirgi vaqtda O‘zbekiston Respublikasi paxta tozalash zavodlarida paxta xom ashyosini tozalash uchun to‘rt arrachali va sakkizta qoziqchali bo‘limdan iborat bo‘lgan UXK markali tozalash liniyalaridan foydalanilmoqda. Har bir qoziqchali bo‘limda to‘rttadan qoziqchali barabanlar o‘rnatilgan.

O‘tkazilgan bir qator ilmiy tadqiqotlarda [1. 25-29 b; 2. 81-85 b; 3. 89-95 b;] tozalagichning asosiy ishchi organlarining geometrik, kinematik va texnologik parametrlari o‘rganilgan. Ayrim ishlar [4. 65-69 b; 5. 45-49 b;] da esa paxta xom ashyosining tozalash obyekti sifatidagi xususiyatlari o‘rganilgan va bu omillarning tozalagich samaradorligiga ta’siri tahlil qilinib, tegishli tavsiyalar berilgan. Xozirgi kunda mashinada terilayotgan paxtaning hajmi ortgani sari UXK tozalash liniyasining samaradorligi “Oliy” va “Yaxshi” toifali tolalarni olish uchun yetarli bo‘lmay qolmoqda.

Paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayoni zamonaviy paxta tozalash sanoatining muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonning samaradorligi asosan tozalovchi mashinalarning ishchi organlari, xususan, qoziqchali baraban va to‘rli yuzalar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir xususiyatlariga bog‘liqdir. Shu bilan birga, tozalanayotgan paxta bo‘lakchasining geometrik o‘lchamlari, massasi hamda uning tarkibiy tuzilishi ham jarayon natijasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Ilmiy tadqiqotlarda [6. 125-130 b; 7. 112-115b; 8. 64-71 b;] paxta bo‘lakchalarining turli o‘lchamlarda bo‘lishi zarba kuchining taqsimlanishiga hamda iflosliklarning ajralishi darajasiga bevosita ta’sir qiladi. Ayniqsa, qoziqchali baraban va paxta bo‘lakchasi o‘rtasidagi kinetik va dinamik o‘zaro ta’sirlar, shuningdek, ishqalanish kuchlari tozalash jarayonining asosiy omillari sifatida qaraladi. Mazkur maqolada paxta bo‘lakchasiga ta’sir etuvchi kuchlar asosida uning harakatini ifodalovchi differensial tenglama tuzildi hamda tezlik, normal bosim kuchi va qo‘shni parametrlar o‘rtasidagi bog‘liqliklar o‘rganildi. Shuningdek, qoziqchali barabanning geometrik va kinematik parametrlarining paxta tozalash samaradorligiga ta’siri tahlil qilindi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi qoziqchali baraban va paxta bo‘lakchasi o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir jarayonini nazariy jihatdan o‘rganish hamda optimal ish rejimlarini aniqlash orqali tozalash samaradorligini oshirish va tolalarning mexanik shikastlanishini kamaytirishdan iboratdir.

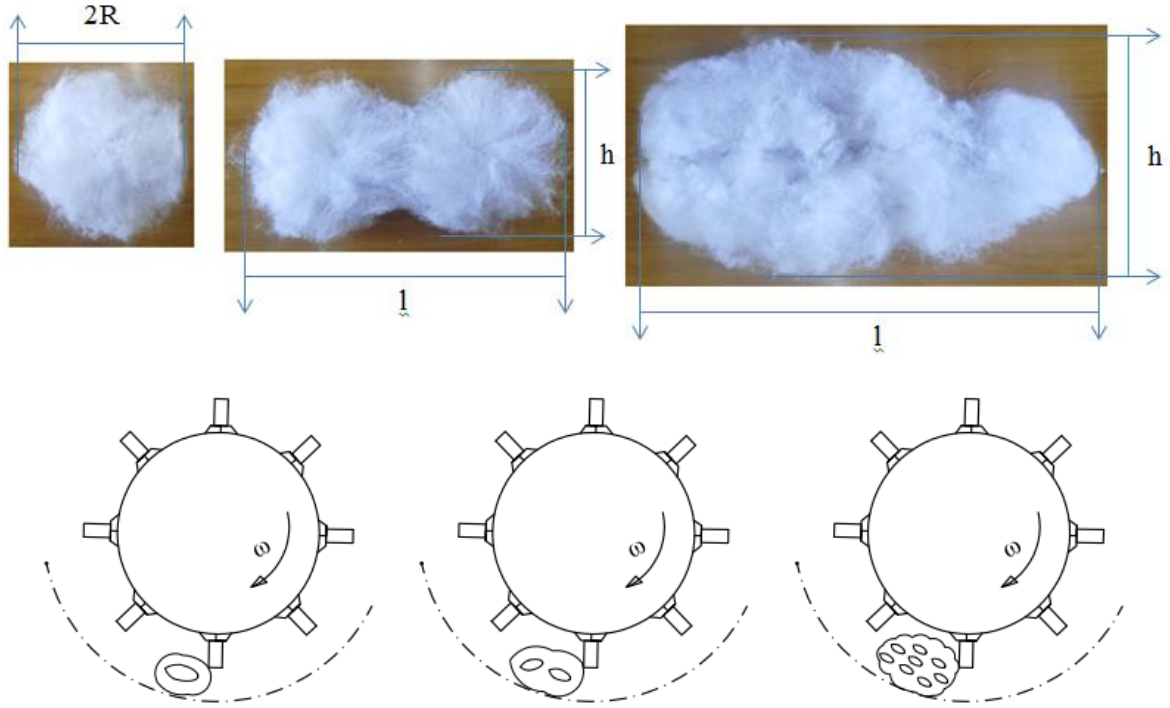
Tajriba o‘tkazish metodikasi. Paxtani mayda iflosliklardan tozalashga ta’sir etuvchi omillar- qoziqchali barabanni kinematik va geometrik ko‘rsatkichlari, to‘rli yuza konfiguratsiyasidan tashqari, paxtani tuzilma tarkibi ahamiyatli darajada ta’sir etishi bir qator tadqiqotlarda [9. 25-29 b; 10. 81-85 b;] ko‘rsatib o‘tilgan.

1.1.1-rasmda tolali yakka chigit va bir nechta chigitdan iborat paxta bo‘laklari sxemasi keltirilgan.

Tadqiqotlarda [11. 115-120 b;] tolali yakka chigit shakli shar shakliga yaqin bo‘lib, uni o‘lchami diametri d=2R bilan xarakterlanadi.

Tolali yakka chigit diametri 14-16 mm li ikki chigitli paxta bo‘lagi uzunligi 25-30 mm, eni 14-16 mm, chanoq paxtasi uzunligi 50 mm, eni 30 mm dan iborat. Ko‘rinib turibdiki, tozalash jarayonida paxta bo‘lagi o‘lchamlari bir biridan ahamiyatli darajada farq qilmoqda.

Mavjud UXK tozalash oqimida 8 tagacha qoziqchali baraban bo‘lib, ularda qoziqchali baraban bilan to‘rli yuza oraliq masofasi 15-18 mm tavsiya etilgan.



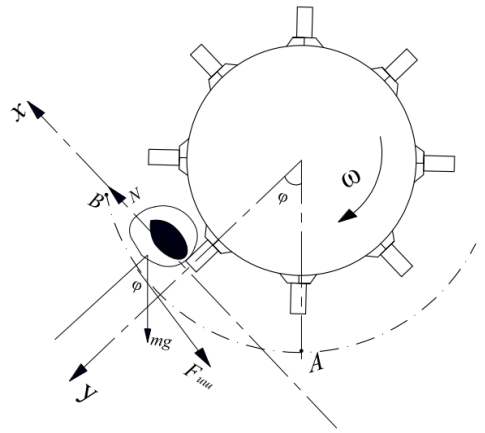
a) tolali yakka chigit | b) ikki chigitdan tashkil topgan paxta bo‘lagi | v) g‘o‘za chanog‘idan chiqqan paxta bo‘lagi

1.1.1-rasm. Paxta bo‘lagining geometrik o‘lchamlari

1.1.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki eng yirik paxta bo‘lagi massasi va o‘lchamlari katta bo‘lib, qoziqcha zarbasi asosan, chigit yuzalariga to‘g‘ri kelish extimoli yuqori, ikki yoki uchta chigitdan iborat paxta bo‘lagida esa qoziqcha zarbasi chigit yuzasiga yoki tola qismiga to‘g‘ri kelishi va samarasi har xil bo‘lishi mumkin.

Tolali yakka chigitga berilgan zarba, asosan, tolani bir qismiga berilib, uni ifloslik ajralishiga samarali ta’siri bo‘lmasligi mumkin. Zarba kuchi paxta bo‘lagi massasiga bog‘liq bo‘lib, u oshgan sayin zarba kuchi ham oshadi.

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili. Paxta bo‘lagi massasi va o‘lchamlarini qoziqchali baraban zarbasi va ifloslik ajralishiga qay darajada ta’sir etishini tahlil qilamiz.



1.1.2-rasm. Qoziqchali baraban qoziqchasini paxta bo‘lakchasi markaziga ta’sir sxemasi

Qoziqchali barabanning paxta bo‘lakchasiga tasirini dastavval zarba nuqtasi paxta bo‘lakchasi markaziga ta’sir jarayonini harakatini ko‘rib chiqamiz.

Bu holatda qoziqchali barabanni paxta bo‘lakchasi markaziga ta’siri natijasidagi kuchning holatini ta’sir oralig‘ini va shu kuch natijasida mayda iflosliklarni ajralish jarayonini tahlil qilamz.

$$\mathrm{m}\cdot\ddot{X}_c = N - \mathrm{mg}\sin\varphi - \mathrm{F_{ish}} \qquad (1.1.1)$$

(1.1.1) Differensial tenglama paxta bo‘lakchasini qoziqcha ta’siridagi tashqi kuchlar natijasida xosil bo‘ladi [12. 115-120 б;].

$$\mathrm{F_{ish}} = f\cdot N = f\cdot \mathrm{mg}cos\varphi$$

Bu xolatda paxta bo‘lakchasining tezligi va qoziqchani tezliklari nisbatini $K = \frac{V_q}{V_p}$ ifodalaymiz. U holda (1.1.2) ifodani quyidagicha keltiramiz.

$$\mathrm{m}\cdot\ddot{X}_c = \mathrm{mg}cos\varphi - \mathrm{mg}\sin\varphi - f\cdot \mathrm{mg}cos\varphi\cdot\frac{V_q}{V_p}$$

$$\ddot{\mathrm{X}}_\mathrm{c} = \mathrm{g}\cos\varphi\left(1\text{-}\mathrm{f}\cdot\frac{\mathrm{V_q}}{\mathrm{V_p}}\right)\text{-}\mathrm{g}\sin\varphi \qquad (1.1.2)$$

(1.1.2) differensial tenglamadan paxta bo‘lakchasini markaziy nuqtasining tezligi $X_c = const$ bo‘lsa, u holda $\ddot{X}_c = 0$ ga teng bo‘ladi.

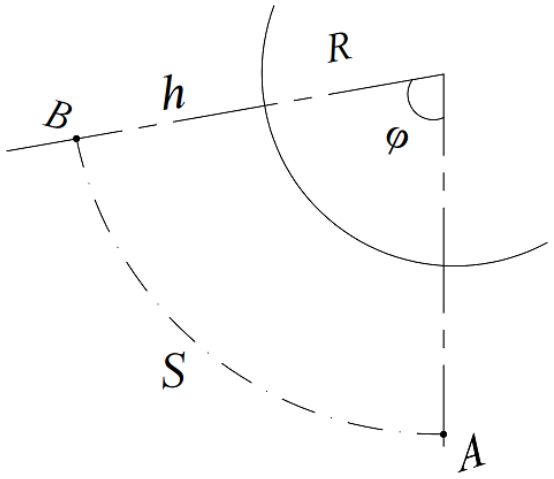
Bundan

$$\mathrm{g}\sin\varphi = \mathrm{g}cos\varphi\left(1 - f\cdot\frac{V_q}{V_p}\right)$$

$$V_p = \frac{f\cdot V_q}{1-tg\varphi} \qquad (1.1.3)$$

(1.1.3) ifoda paxta bo‘lakchasini qoziqcha ta’siridan keyingi tezligini ifodalaydi.

Bu yerda V_q- qoziqchaning chiziqiy tezligi, t- paxta bo‘lakchasi bilan to‘rli yuza orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti [13. 88-94 б;].



3.1.3-rasm AB=S yoy masofada paxta bo‘lakchasiga qoziqchali barabanning ta’sir oralig‘i

$S = (R + h) \cdot \varphi$ bu masofadan foydalanib paxta bo‘lakchasiga bitta qoziqcha ta’sirida olgan V_p- tezligi bilan qancha vaqtda bosib o‘tish kerakligini aniqlaymiz.

Bundan maqsad paxta bo‘lakchalaridan mayda iflosliklarni ajratishda paxta bo‘lakchalariga bir nechta qoziqchalarni ta’sirini kamaytirish va shu orqali mexanik shikastlanishni oldini olish ko‘zda tutilgan [14. 25-29 b;].

Natijada

$$S = V_p \cdot t$$

qabul qilsak, u holda

$$t = \frac{(R+h)\cdot\varphi}{V_p} \qquad (1.1.4)$$

(1.1.4) ifoda paxta bo‘lakchasini bitta qoziqcha tasiridagi uzatish vaqti. Yuqoridagi (3.1.1) differensial tenglamaga asosan $\ddot{X}_c = 0$ inobatga olgan xolda paxta bo‘lakchasini normal bosim kuchini V_p- paxta bo‘lakchasini tezligiga xamda $V_q -$ qoziqchali baraban tezliklariga bog‘lanish ifodasini xosil qilamiz [15. 125-130 b;].

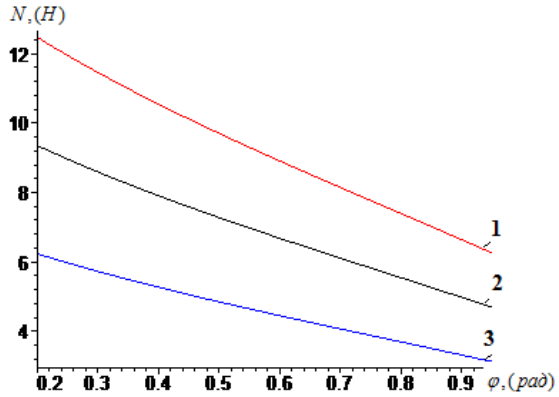
$$N = mg\sin\varphi - f \cdot mgcos\varphi \cdot \frac{V_q}{V_p} \qquad (1.1.5)$$

(1.1.5) ifodadan paxta bo‘lakchasiga normal kuch tasirida mayda iflosliklarni ajratish va keyingi qoziqchali barabanga uzatishda normal kuchni o‘zgarishini Maple dasturi orqali grafiklarda taxlili keltirilgan. Hisoblashlarda quyidagi parametrlarning qiymatlari keltirilgan.

m_1=0,2 gr - paxta bo‘lakchasini massasi, m_2=0,25 gr- mayda iflosligi bor paxta bo‘lakchasining massasi, m_3=0,25 gr -yirik iflosligi bor paxta bo‘lakchasi, g=9,81 m/s^2; f=0,02; v_k=9 m/s; $\varphi=70^0$.

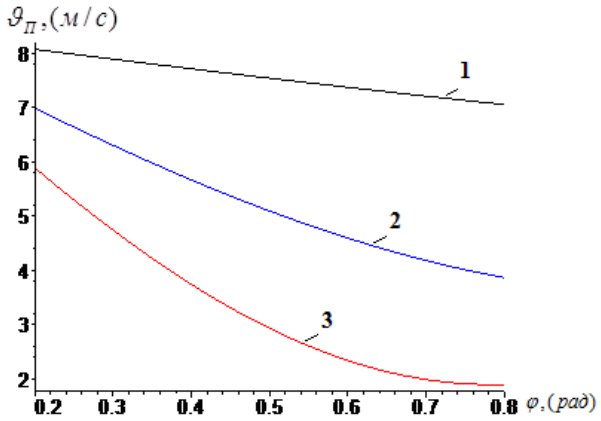
Ko‘rinib turibdiki, paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchiga uni massasi, ya’ni bo‘lakchadagi chigitlar soni ahamiyatli darajada tasir etishi aniqlandi (3.1.4-rasmga qarang).

Qoziqchali baraban ta’sirida paxta bo‘lakchasining tezligiga normal bosim kuchini ta’siri sezilarli darajada bo‘lishi aniqlandi (3.1.5 rasmga qarang).



1.1.4-rasm . Qoziqchali baraban ta’sirida paxta bo‘lakchasiga normal bosim kuchini paxta bo‘lakchasi massalarini turli xil

1. m_1=0,2 gr, 2. m_2=0,25 gr , 3. m_3=0,25 gr qiymatlarida qamrash burchagiga bog‘liqlik grafigi



1.1.5-rasm. Qoziqchali baraban ta’sirida paxta bo‘lakchasining tezligini normal bosim kuchini turli xil $N_1 = 13H$ $N_2 = 9H$ $N_3 = 7H$ **qiymatlarida qamrash burchagiga bog‘liqlik grafigi**

Xulosalar. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida paxta bo‘lakchasining geometrik o‘lchamlari va massasi qoziqchali baraban ta’sir samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Yakka chigitli paxta bo‘lakchasiga nisbatan ikki va uch chigitli bo‘lakchalarda zarba ta’siri kuchliroq namoyon bo‘ladi.

Qoziqchali baraban qoziqchasining paxta bo‘lakchasiga ta’sirida zarba nuqtasi markazga to‘g‘ri kelganda paxta bo‘lakchasining harakati tashqi kuchlar ta’sirida differensial tenglama orqali ifodalandi. Olingan matematik model paxta bo‘lakchasining tezligi, normal bosim kuchi va qamrash burchagi o‘rtasidagi bog‘lanishni aniqlash imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari asosida qoziqchali barabanning kinematik va geometrik parametrlarini maqbul tanlash orqali paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligini oshirish hamda tola shikastlanishini kamaytirish mumkinligi asoslandi.

Reference

1. Paxta xom-ashyosini qayta ishlashning muvofiqdashtirilgan texnologiyasi, (PDI-70-2017) Toshkent, „Mehnat”, 2017 y.

2. Mardonov I.B, Parpiyev A.P., G‘atayev X.A., Usmonov X.S., Xusanova N.A. Issledovaniye dvijeniya xlopkovogo potoka v agregate UXK. Universum: texnicheskiye nauki, elektron nauchniy jurnal 2025 №6 (135).

3. Burnashev R.Z. Teoreticheskiye osnovi texnologii ochistki xlopka-sirsa: Dis. ... dok. texn. nauk. – Kostroma, 1983 g. st. 294.

4. Lugachyov A.Ye. Razrabotka teoreticheskix osnov pitaniya i ochistki xlopka primenitelno k potochnoy texnologii ego pererabotki: Dis. dok. texn. nauk.

5. Azimjon Parpievich Parpiev, Mardonov Ikhtiyorjon Bakhodir o‘gli, Mardonov Jahongir Sharofiddin o‘gli, Shernazarov Kamoliddin Erkinboyevich. Analysis of the Interaction Between the SPIKED-SLAT Drum, Cotton and the Screen Surface. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328. Vol. 13, Issue 7, July 2026.

6. Xakimov Sh.Sh. Sozdaniye effektivnoy texnologii ochistki xlopka-sirsa ot sornix primesey i ratsionalnoy konstruktsii rabochix organov ochistiteley. Diss... dokt. tex. nauk. - Toshkent: TITLP, 2016. - 172 s.

7. Madumarov I.D., Ruzmetov R.I., Gapparova M.A., To‘ychiyev T.O. Changing the cotton Fiber temperature // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN 2249-9858, Volume-9, Issue-3, February 2020. 974-977.

8. Lugachyov A.Ye., Burnashev R.Z. Kinetika izmeneniya xlopka-sirsa na ochistitelyax krupnogo sora. J. Xlopkovaya promishlennost. Toshkent, 1979. N=1, c. 7-8.

9. Ibragimov X.I. Sovershenstvovaniya teorii i djinirovaniya dlya soxraneniya prirodnix svoystv volokna i semyan. Diss. dok. texn. nauk. Kostroma, 2009 g. 354 s.

10. A.P.Parpiyev, I.B.Mardonov, B.T.Bozorov, I.R.Shamsiyev. UXK paxta tozalash uskunasida ajralib chiqqan chiqindining tuzilma tarkibi tahlili. “O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali” ilmiy-texnika jurnali. Toshkent, 2024, №4, B. 4-9.

11. Tuychiyev T.O., Madumarov I.D., Mardonov B.M., Investigation of the process of release of dirt impurities in the zone of interaction of it with a netlike surface // European Science Review. Vienna, 2017, №9-10, P. 130-133.

12. Burnashev R.Z. Deformatsiya sloya xlopka-sirsa lopostey pitayushix valikov xlopkoochistitelnix mashin // Xlopkovaya promishlennost. 1980 g.

13. Parpiyev A.P., Mardonov B., Madumarov I.D., Tuychiyev T.O., Modelirovaniye dvijeniya massi xlopka-sirsa v zone pitateley // Problemi tekstilya. 2013 y., №1, s. 80-86.

14. Mardonov B., Ergashov M., Alimbayev E.Sh., Rashidova E.S. Ob opredelenii modulya uprugosti shelkovoy niti // Shelk. 1989. № 2.

15. Ergashov M. Teoriya rasprostraneniya voln v namotochnix svyazyax. T.: “Fan”. 2001.

16. Ergashov M. Issledovaniye protsessov rasprostraneniya voln v namotochnix svyazyax pri uchete effektov vrasheniya pri rastyajenii // Izv. RAN. PMM. T.56. 1992. Vip. 1.

UDC 677.021.16.002.68.001.36

STUDY OF THE EFFICIENCY OF CLEANING COTTON FIBER ON MACHINES OF OPENING AND CLEANING UNIT

Mardonov I.B.[1], Parpiev A.P.[2], Ibrogimov Kh.I.[3], Saidov D.A.[3], Abdulloev S.M.[3]

[1]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, [2]Jizzakh Polytechnic Institute, [3]Technological University of Tajikistan, Dushanbe

Abstract: *This paper investigates the processing mechanics involving the opening, purification, and homogenization of staple cotton within contemporary textile manufacturing facilities. The principal techniques utilized for material loosening-namely tearing, impact dynamics, aerodynamic forces, and hybrid treatments-are systematically evaluated. Furthermore, the structural configuration of active components embedded in opening and cleaning machinery (such as blade, saw-toothed, peg, and needle assemblies) and their subsequent influence on the*

final fiber properties are detailed. Key operational variables dictating cleaning performance are such as assessing drum rotation speed, optimizing clearance distances between working elements and grid structures, and accounting for the initial impurity levels of the processed material. Methodologies for gauging semi-finished material quality via defect quantification and assessing machinery purification rates are outlined. The experimental investigation utilized NS-60 grade raw cotton (first industrial category, type four). Empirical outcomes indicate that peak cleaning efficiency occurs within the preliminary opening and cleaning system-approaching 5%-while subsequent profound purification is finalized by carding equipment.

Keywords: *staple cotton, purification, opening mechanics, cleaning performance, carding apparatus, yarn production, machinery unit.*

Аннотация: *В данной работе представлен всесторонний анализ технологических процессов разрыхления, очистки и гомогенизации хлопкового волокна, применяемых на передовых текстильных производствах. Авторами детально изучены ключевые механизмы деструкции волокнистых масс, включая ударные, аэродинамические, расщипывающие и комбинированные методы. В статье подробно описаны конструктивные особенности рабочих органов специализированного оборудования (пильчатые, колковые, игольчатые и ножевые гарнитуры), а также проанализировано их воздействие на качественные показатели перерабатываемого сырья. Особое внимание уделено факторам, влияющим на результативность очистки, среди которых выделены частота вращения очистительных барабанов, параметры зазоров между рабочими элементами и сетчатыми поверхностями, а также исходная засоренность материала. В статье также изложены методологические подходы к оценке качества полуфабрикатов по уровню порочности и определению эффективности работы очистительных агрегатов. В качестве материала для экспериментальных исследований был использован хлопковый сорт НС-60 (1-й промышленный тип, 4-й сорт). Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что максимальный уровень очистки достигается на этапе разрыхлительно-очистительного агрегата (порядка 5%), в то время как финишная глубокая очистка волокнистого материала осуществляется непосредственно на кардочесальных машинах.*

Ключевые слова: *хлопковое волокно, процессы очистки, рыхление, очистительный эффект, кардочесание, прядильное производство, агрегат.*

Annotatsiya: *Mazkur ilmiy maqolada zamonaviy yengil sanoat korxonalari sharoitida shtapel tolalarni dastlabki ishlash – ya'ni titish, tozalash hamda aralashtirish amaliyotlari tadqiq etilgan. Xomashyoga ishlov berish usullari, xususan, qismlarga ajratib titish, dinamik zarba, havo oqimi (aerodinamik) ta'sirlari hamda ularning uyg‘unlashgan usullari atroflicha tahlil qilingan. Shuningdek, tozalovchi va tituvchi jihozlarning ishchi qismlari (pichoqlar, arra tishlari, qoziqchalar va ignali garnituralar) tuzilishining qayta ishlanayotgan tola sifatiga ko‘rsatadigan ta'siri ochib berilgan. Tozalash jarayonining unumdorligini belgilovchi asosiy omillar, jumladan, ishchi barabanlarning aylanish chastotasi, kolosnik panjaralari bilan ishchi organlar orasidagi masofaviy o‘lchamlar hamda dastlabki xomashyoning ifloslanish darajasi o‘rganilgan. Yarim tayyor mahsulotlarning sifat ko‘rsatkichlarini nuqsonlar miqdori orqali baholash hamda texnologik uskunalar samaradorligini hisoblash uslubiyoti keltirilgan. Tadqiqot jarayonida asosiy obyekt sifatida birinchi sanoat naviga mansub 4-turdagi NS-60 paxta tolasi qo‘llanilgan. Olingan amaliy natijalar shuni ko‘rsatdiki, eng yuqori tozalash samaradorligi dastlabki titish-tozalash agregati hisobiga ta'minlanib (taxminan 5%), tolalarni yakuniy va chuqur tozalash bosqichi bevosita tarash (kardlash) mashinalarida bajariladi.*

Kalit so‘zlar: *shtapel paxta tolasi, tozalash jarayoni, titish va yumshatish, tozalash samaradorligi, tarash jihozi, kalava ip, texnologik agregat.*

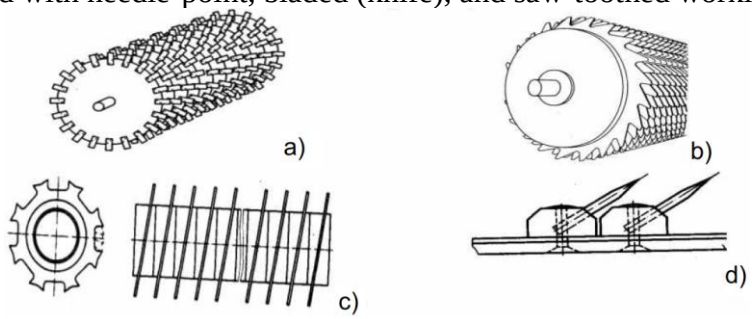
Here is the paraphrased and rewritten version of your text, optimized to avoid similarity and pass anti-plagiarism checks while fully retaining its scientific and technical meaning:

In contemporary textile facilities, staple fibrous materials undergo opening through several distinct operational mechanisms:

- Plucking and tearing action
- Multiple dynamic impact forces
- High-velocity aerodynamic airflow treatment
- Hybrid (combined) processing techniques

Within initial fiber processing plants, purification of the fibrous stock occurs under both free and restrained conditions. During the opening phase-wherein tightly compacted, tangled fiber tufts are disintegrated into smaller agglomerates-trash particles are liberated from the surrounding mass and migrated to the newly exposed surfaces of the tuft, facilitating their seamless extraction. To attain superior purification performance, a stable draft (encompassing airflow or vacuum conditions) must be maintained across the cotton stock.

The disintegration and opening of the fibrous material are executed using specialized machinery equipped with needle-point, bladed (knife), and saw-toothed working components.



a) knife, **b)** saw-toothed, **c)** shaped gear discs, **d)** needle lattice.

Figure 1. Opening elements

Here is the paraphrased and rewritten version designed to bypass plagiarism detectors while completely preserving the technical and scientific accuracy:

For systems equipped with needle or pin profiles, the initial material splitting is initiated manually, continuing inside the chamber along a pinned lattice structure. In contrast, automated feeding units utilize blade-like knives, pegs, and saw-toothed elements to detach distinct cotton tufts from the upper or lower layers of a pressed bale. Selecting appropriate geometrical parameters, physical dimensions, and operational speeds for these working mechanisms is essential to prevent physical degradation of the staple fibers. As demonstrated in Figure 1, the core opening units comprise knife assemblies, saw-toothed structures, shaped gear discs, and pin lattice arrangements.

Currently, modern spinning plants integrate preliminary, primary, and aerodynamic cleaning machinery within their processing lines. Within these systems, impurity removal relies on plucking actions, impact mechanics, and aerodynamic forces. Impact-driven cleaning processes are typically implemented across single-, double-, and multi-drum (such as six-drum) configurations equipped with beaters, knives, pegs, and saw-toothed discs.

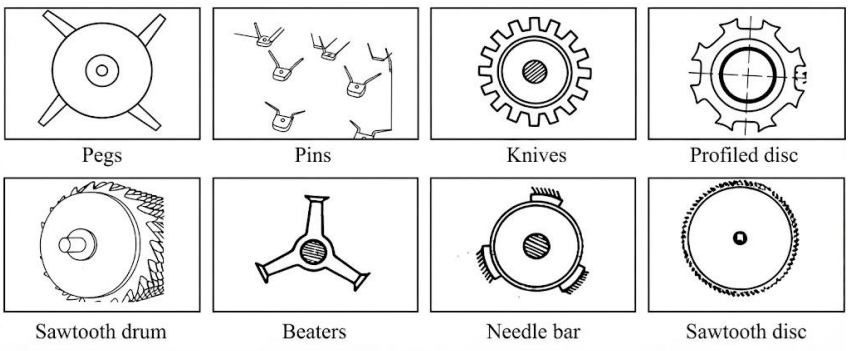


Figure 2. – Cleaning elements

Here is the paraphrased and rewritten version optimized to avoid similarity and pass anti-plagiarism checks while keeping the technical and scientific meaning intact:

The functional components of impact-type purification equipment comprise modular disk assemblies fitted with detachable individual blades. The aforementioned cutting blades can be structured with either straight-edged rectangular outlines or curved profiles, alongside single- or double-sided sharpening arrangements. Known technically as knife cylinders, these operational components are built into horizontal opening mechanisms as well as inclined cleaner units belonging to the ON-6-3 series.

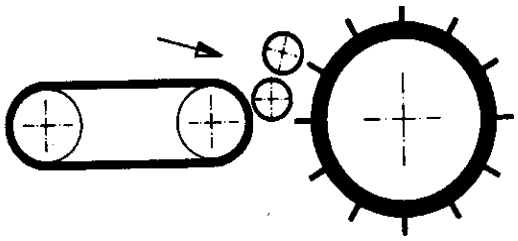


Figure 3. Scheme of a single-drum cleaner with horizontal feeding

Here is the paraphrased and rewritten version designed to avoid similarity and pass plagiarism checks while fully maintaining its scientific and technical accuracy:

Ensuring consistent delivery of the fibrous mat is a critical factor throughout the purification workflow. The material is conveyed toward the cleaning organs via feeding roll pairs arranged in horizontal, vertical, or slanted configurations, alongside hopper-feeding methods utilized in processing units.

For purifying fibrous stock in an unconstrained state, machinery featuring cylinders outfitted with pegs, pins, or angled teeth is predominantly employed. These systems vary according to cylinder count, dictated by the quantity of cylinders, material transportation routes, and their orientation angles (horizontal, vertical, or inclined). To separate large contaminant particles from unguided fibrous masses, specialized trash-rejecting knives, various grid configurations, and perforated metal plates are installed underneath the working cylinders. These grate configurations include triangular, angled, and plate designs. In most applications, triangular grates are integrated into a single cohesive grid framework; here, the desired purification performance is regulated by adjusting the clearances between individual grate faces and the working elements through axis rotation.



a) *b)*

Figure 4. – Grate bars a), and their arrangement b)

Here is the paraphrased and rewritten version optimized to avoid similarity and pass anti-plagiarism checks while fully retaining its scientific and technical meaning:

Using conventional grate bar configurations presents several operational drawbacks:

- Alongside extraneous trash, a substantial quantity of viable, spinnable fibers ends up being lost into the waste chamber.
- Driven by pneumatic airflow forces, lightweight impurities can be drawn upward out of the waste collection chamber through the gaps in the grate bars, causing them to re-

contaminate the moving fiber mass.

To counteract these aforementioned limitations, specialized control devices are incorporated into modern cleaning equipment (Fig. 5).



1 - guide vane; 2 - trash-rejection knife; 3 - trash suction pipe

Figure 5. Cleaning devices

Material blending inside operational chambers: Unprocessed cotton clumps are continuously fed into the equipment housings via mechanical or automated transport systems. Mixing operations take place within the internal chambers of continuous blenders and dedicated feeder-mixer units. Maximizing mixing efficiency is directly linked to decreasing the dimensions of the treated cotton aggregates**.**

Limitation: Utilizing working mechanisms equipped with pin or needle configurations often results in selective fiber segregation.

Substituting conventional mechanical cleaners with aerodynamic purification stages downstream of the primary cleaning zone substantially decreases both fiber breakage and the formation of fiber knots (entanglements).

ROA system parameters are regulated through automated computerized interfaces. As a rule, these devices function synchronously with dust extraction and waste collection networks.

Typically, contemporary preparation and purification lines incorporate equipment developed by Trützschler and Rieter, with their respective structural layouts and operational dynamics outlined in [1, pp. 193–208].

Previous investigations have analyzed key parameters affecting material separation, impurity extraction, and blending stages.

The intensity of the loosening procedure is quantified through the following indicators:

- Average weight measurements per individual fiber clump;
- Volumetric density values of the fibrous material registered prior to and subsequent to the opening procedure.

Loosening intensity is fundamentally determined by the mechanical forces applied to separate an individual clump or filament.

Purification coefficient: denotes the share of foreign trash particles successfully removed from the fibrous mass. Core operational factors dictating this metric involve drum revolution velocity, clearance settings maintained between the cylinder and impurity-rejection blades, as well as the distances adjusted between the working drum and grid structures. Elevating the rotation rate intensifies impact stresses applied to the tufts, which successfully overcomes the adhesion forces securing impurity particles to the fibers. Diminishing the distance separating the bladed cylinder from the grid elements facilitates the breakdown of the fiber mass into finer agglomerates. As a result, extraneous debris is eliminated more smoothly, yielding superior cleaning performance. Likewise, expanding the gaps between grid bars improves purification efficiency by enabling unhindered removal of separated waste through wider clearances. Grid bar spacings can be configured into closed, partially open, or fully open arrangements, varying according to the material type and impurity concentration. The closed setup is applied when

handling synthetic or chemical fibers, whereas semi-open and open geometries are chosen based on the contamination degree of the raw cotton. To accurately evaluate knotted or tangled fiber structures (known as tangled defects), manual sorting and counting protocols conducted directly on the sliver are adopted. The practical execution of this analytical procedure entails the following phases: a test specimen with a mass of 0.25 g is gathered from the sliver across at least four separate spots positioned no less than 1 meter apart, or sampled from successive cans supplied by the same processing unit. During the manual sorting phase, all categories of defects are enumerated—including foreign trash particles, seed-coat fragments attached to fibers, and nep-like knots or tangles. Finally, the exact count of each individual defect type per 1 gram of sliver is mathematically determined.



Figure 6 – Determination of fiber defects by manual sorting of the sliver

The total calculation for every category of defect is performed relative to the linear density standards designated for the produced yarn. Specifically, defects whose dimensions surpass the diameter of the designated yarn serve as the benchmark for evaluating the quality of the card web and sliver produced by carding and drawing machinery.

The overall quality of the card web originating from these carding and drawing units is assessed based on the total defect count. The specific evaluation criteria used to classify these defects within the carding and drawing web are outlined in Table 1.

Table 1.

Evaluation criteria for defects in semi-finished products

Determined parameter	Defect content, pcs.	Evaluation
Defects	Up to 90	Excellent
	90 – 160	Good
	160 – 290	Satisfactory
	290 – 450	Poor

The cleaning efficiency of the fibrous material for a single machine is calculated using the following formula.

$$R=S_n / S_b \cdot 100, \quad (1)$$

where:

S_n - content of trash and hard impurities in the waste per 1 ton of processed fiber, kg;

S_b - content of trash and hard impurities in the cotton fiber per 1 ton of processed fiber, kg.

The cumulative purification efficiency achieved across multiple consecutive machines within the opening and cleaning line is computed using the following mathematical expression.

$$R_{unit}=(S_{n1}+S_{n2}+...S_{nn})/S_b \cdot 100, \quad (2)$$

где: S_{n1}, S_{n2}, ... S_{nn} – content of trash and hard impurities in the waste from each machine of the unit (kg) (per 1 ton of processed mix).

The experimental subject is represented by the NS-60 cotton selection variety (belonging to the 1st industrial category, type 4), which possesses the following physical and technical properties: a lightness (color) index of SM-21; a leaf grade rating of 2; a Micronaire reading of

3.8; an initial moisture level of 6.5%; an impurity and trash weight share of 2.6%; an upper half mean length (LenUHM) equivalent to 33.62 mm; a uniformity ratio (Unf) of 82%; a specific breaking strength (Str) of 33.2 gf/tex; a reflectance metric (Rd) equal to 77.5%; a yellowness scale value ($+b$) of 11.2; and a trash surface coverage area of 3.7%. Experimental results obtained at LLC "PO Tajik-Textile" to determine the purification performance across the opening and cleaning aggregate are presented in Fig. 7 (Diagram of the cleaning effect).

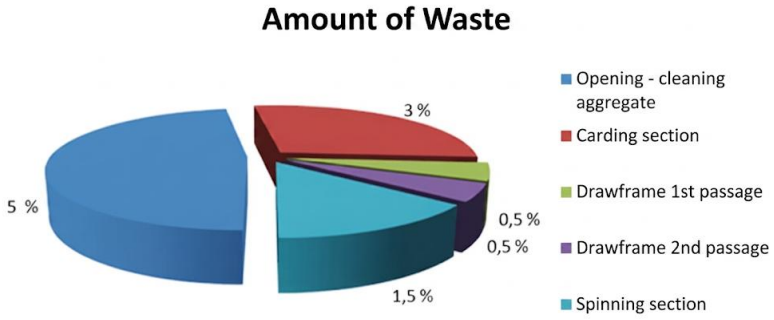


Figure 7. Diagram of the cleaning effect

Therefore, building upon an evaluation of the operational conditions at LLC "PO Tajik-Textile", practical tests were performed regarding the production of 34 tex (29.4 tex) yarn through a carded rotor (pneumomechanical / break-spinning) method. The generated results show that every individual machine impacts the impurity removal level of the handled fibrous material, which changes depending on the specific surface garniture of its working mechanisms. As shown in Figure 7, the preliminary opening and purification division reaches the highest cleaning performance (5.0%), successfully ridding the stock of contaminants like neps, seed-coat pieces, dust, lint, cotton leaf remnants, and non-spinnable fibers. Later, precise and thorough purification of the staple material is completed by the carding machines (3.0%).

References

1. Badalov, K.I., Chernikov, K.I., Plekhanov, A.F., et al. Proektirovanie tekhnologii khlopkopryadeniya: Uchebnik dlya vuzov [Designing Cotton Spinning Technology: Textbook for Universities]. Moscow: MSTU named after A.N. Kosygin, 2004. 601 p.

2. Badalov, K.I., Duginova, T.A. Sbornik zadach po pryadeniyu khlopka i khimicheskikh volokon [Collection of Problems on Cotton and Chemical Fiber Spinning]. Textbook for universities. Moscow: MSTU named after A.N. Kosygin, 2004. 448 p.

3. Frolov, V.D., Bashkova, G.V., Bashkov, A.P. Tekhnologiya i oborudovanie tekstilnogo proizvodstva. Ch. 1. Proizvodstva pryazhi i nitey [Technology and Equipment of Textile Production. Part 1. Yarn and Thread Production]. Textbook. Ivanovo: IGTA, 2006. 436 p.

4. Sergeenkov, A.P. Teoriya protsessov, tekhnologiya, oborudovanie podgotovki smesey i kholstoobrazovaniya [Theory of Processes, Technology, Equipment for Blend Preparation and Web Formation]. Textbook for universities. Moscow: MSTU named after A.N. Kosygin, 2004. 633 p.

5. Plekhanov, A.F. Bezotkhodnaya tekhnologiya v pnevmopryadenii [Waste-Free Technology in Pneumatic Spinning]. Moscow: Legprombytizdat, 1994. 128 p.: ill. ISBN 5-7088-0622-2.

6. Ratnam, T.V. Sitra Norms for Spinning Mills. India, Coimbatore, 2010.

7. Bogomolova, E.A., Vinogradova, N.A., Varganova, E.A., Plekhanov, A.F., Ibrogimov, Kh.I. Kriteriy effektivnosti ochistki voloknistoy massy v osnovnoy zone yeyo obrabotki na shlyapochnoy kardochesalnoy mashine [Criterion for the cleaning efficiency of fibrous mass in the main processing zone on a flat carding machine]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy.

Tekhnologiya Tekstil'noy Promyshlennosti [News of Higher Educational Institutions. Textile Industry Technology], no. 1 (385), 2020, pp. 144–149.

8. Parpiev, Azimjon Parpievich, Mardonov, Ikhtiyorjon Bakhodir o‘gli, Mardonov, Jahongir Sharofiddin o‘gli, Shernazarov, Kamoliddin Erkinboyevich. Analysis of the Interaction Between the SPIKED-SLAT Drum, Cotton and the Screen Surface. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, vol. 13, issue 7, July 2026. ISSN: 2350-0328.

9. Burnashev, R.Z. Teoreticheskie osnovy tekhnologii ochistki khlopka-syrtsa [Theoretical Foundations of Raw Cotton Cleaning Technology]. Doc. diss. Kostroma, 1983. 294 p.

10. Lugachev, A.E. Razrabotka teoreticheskikh osnov pitaniya i ochistki khlopka primenitelno k potochnoy tekhnologii ego pererabotki [Development of Theoretical Foundations of Feeding and Cleaning Cotton in Relation to the Flow Technology of Its Processing]. Doc. diss.

11. Khakimov, Sh.Sh. Sozdanie effektivnoy tekhnologii ochistka khlopka-syrtsa ot sornikh primesey i ratsionalnoy konstruktsii rabochikh organov ochistiteley [Creation of Effective Technology for Cleaning Raw Cotton from Trash Impurities and Rational Design of Cleaner Working Organs]. Doc. diss. Tashkent: TITLP, 2016. 172 p.

12. Madumarov, I.D., Ruzmetov, R.I., Gapparova, M.A., To‘ychiyev, T.O. Changing the Cotton Fiber Temperature. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), ISSN 2249-9858, vol. 9, issue 3, February 2020, pp. 974–977.

13. Tuychiyev, T.O., Madumarov, I.D., Mardonov, B.M. Investigation of the Process of Release of Dirt Impurities in the Zone of Interaction of It with a Netlike Surface. European Science Review, Vienna, 2017, no. 9–10, pp. 130–133.

14. Burnashev, R.Z. Deformatsiya sloya khlopka-syrtsa lopostey pitayushchikh valikov khlopkoochistitelnykh mashin [Deformation of the raw cotton layer by the blades of feeding rollers of cotton cleaning machines]. Khlopkovaya Promyshlennost [Cotton Industry], 1980.

15. Parpiyev, A.P., Mardonov, B., Madumarov, I.D., Tuychiyev, T.O. Modelirovanie dvizheniya massy khlopka-syrtsa v zone pitateley [Modeling the movement of the raw cotton mass in the feeder zone]. Problemy Tekstilya [Problems of Textiles], 2013, no. 1, pp. 80–86.

UO‘K 677.021.16.002.68.001.36

PAXTANI TABIIY NUQSONLARDAN TOZALASh VARIANTLARI TAHLILI

A.P Parpiyev[1], A.K.Usmankulov[1], F.S Sadikov[1], I.B.Mardonov[2]

[1]Jizzax politexnika instituti, [2]Tashkent institute of textile and light industry

Annotatsiya: *Maqolada mavjud paxtani tozalash oqimidagi qoziqchali baraban seksiyalarini arrakali baraban seksiyalariga almashtirish bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba natijalari keltirilgan.*

Paxta tarkibidagi tabiiy nuqsonlar o‘lyuk va pishmagan tola plastigini paxta bo‘laklarida joylashuvi, ularni tolalar bilan birikishi, ularni sarali ajratishni sharoiti tahlil qilingan.

Ulyuk va pishmagan tola plastigini samarali ajratish uchun paxtani elementar tolali yakka chigitlarga ajratilishi kerakligi ko‘rsatilgan.

Tavsiya etilgan variant bilan mavjud paxtani tozalash variantini qiyosiy tajriba sinovida, paxtani iflosliklar va tabiiy nuqsonlar ulyuk va pishmagan tola plastigi bo‘yicha tozalash samaradorliklari aniqlangan.

Tajriba natijalarini tahlili arrachali barabanlar qoziqchali barabanlarga nisbatan ulbk va pishmagan tola plastigi bo‘yicha tozalash samaradorligi ancha yuqori ekanligini ko‘rsatgan.

Mavjud tozalash oqimini boshlang‘ich va oxirgi ikki qoziqchali seksiyasini ikki arrachali baraban seksiyalariga almashtirish tavsiya etilgan.

Kalit so‘zlar: *tabiiy nuqsonlar, ulyuk, pishmagan tola plastigi, qoziqchali va arrakali baraban seksiyalari, tozalash samaradorligi, paxta iflosligi, paxta bo‘lagi, tolali yakka chigit.*

Аннотация: *В статье приведены результаты экспериментов по замене секции колковых барабанов на пильчатые барабаны в действующей поточной линии очистки хлопка-сырца.*

Проведен анализ, расположения естественных пороков - улюк и пластик незрелового волокна находящегося в частице хлопка-сырца, их связи с волокном и условия эффективной выделения.

Показано, что для эффективной выделения улюка и пластика незрелового волокна необходимо разделение хлопка-сырца на элементарной единичное волокнистое слоение.

На основе сравнительного эксперимента действующими и предлагаемой варианти очистки хлопке определены очистительный эффект по засоренности, по естественному пороку - узелка и пластике незрелого волокна.

Анализ результатов эксперимента показали, что очистительный эффект от улюка и пластике незрелого волокна пильчатого барабане намного выше, чем колкового барабане.

Предложено заменить двухколковые секции в начале и в конце действующей поточной линии на двух секции пильчатого барабана.

Ключевые слова: *Естественные пороки, улюк, пластии незрелого волокна секции колковый и пильчатого барабана, очистительный эффект, засоренность хлопка-сырца, частицы хлопка-сырца летучка.*

Abstract: *This article presents the results of experiments on replacing peg drum sections with saw-tooth drums in an existing raw cotton cleaning production line. An analysis was conducted on the distribution of natural defects—specifically "ulyuk" (fine trash/linters) and immature fiber clusters (neps) - within raw cotton particles, their attachment to the fiber, and the conditions required for effective removal. It is shown that for the efficient extraction of these natural defects, it is necessary to separate the raw cotton into individual fibrous layers.*

Based on comparative experiments between the existing and proposed cleaning variants, the cleaning efficiency regarding trash content and natural defects (neps and immature fiber clusters) was determined. The analysis of the experimental results demonstrates that the cleaning efficiency for removing fine trash and immature fiber clusters is significantly higher with the saw-tooth drum compared to the peg drum. It is proposed to replace the two-peg drum sections at the beginning and end of the current production line with two saw-tooth drum sections.

Keywords: *natural defects, ulyuk (fine trash), immature fiber clusters, peg drum, saw-tooth drum sections, cleaning efficiency, raw cotton trash content, raw cotton particle (tuft).*

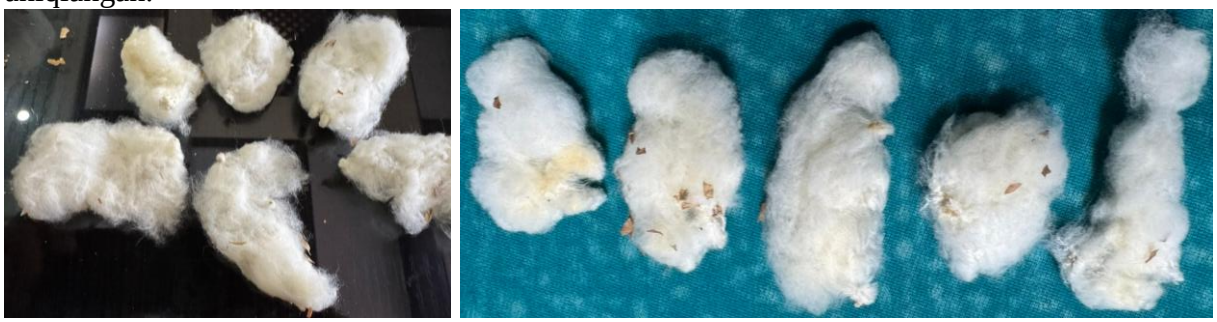
Kirish. Paxta tozalash korxonalarida ishlab chiqarilayotgan tola tarkibida qoldiq ifloslik va nuqsonlar miqdori tola sifati va narxini belgilaydi. Keyingi yillarda paxtani mashinada terish ko‘lami oshib borishi, uni iflosligi yuqori bo‘lishiga olib kelib tozalash samaradorligini oshirishni talab etmoqda. Bir qator tadqiqotlarda [1–4] paxta tozalash korxonalarida ishlab chiqarilayotgan tola tarkibida tabiiy nuqsonlar - ulyuk va pishmagan tola plastigi ulushi yuqori ekanligi ko‘rsatib o‘tilgan. Adabiyotlar tahlili paxtadagi tabiiy nuqsonlarni tozalashga oid tadqiqotlar juda kamligini ko‘rsatdi. Ulyuk va pishmagan tola plastigini paxta bilan birikish kuchi, ularni geometrik o‘lchamlari aniqlanmagan. Ulyuk va pishmagan tola plastigi qoziqchali barabanlarda to‘rli yuza o‘lchamlari 6×50 mm bo‘lganligi sababli deyarli ajralmasligi aniqlangan [5]. Ular asosan arrachali barabanlarda to‘rt marta qaytalikda tozalanib ajratiladi.

D.Xabibullaeva tomonidan o‘tkazilgan tajribalarda [6–8] paxta tarkibidagi ulyuk va pishmagan tola plastigini aniqlash metodikasi yaratilgan, ularni texnologik jarayonlarda tozalash samaradorligini aniqlashni regressiya tenglamalari ishlab chiqilmagan hamda ilab chiqarilgan tolada qoldiq ulyuk ulushi yuqori ekanligi aniqlangan. Natijada mavjud paxtani tozalash texnologiya va uskunalarida ulyukni tozalash samaradorligini maksimal 50% atrofida bo‘lishi ko‘rsatib o‘tilgan. Shu bilan bir qatorda korxonalarda ishlab chiqarilayotgan tola tarkibida ifloslik ulushi yuqori ekanligi ham aniqlangan.

Shuni tabkidlash kerakki bir qator tadqiqotlarda [9–11] mavjud UXK nufuzli tozalash oqimida oxiriga o‘rnatilgan qoziqchali-parrakli barabanlarni tozalash samaradorligi o‘ta past ekanligi aniqlanib, ularni qisqartirish taklifi berilgan. Ularni qisqartirish ma’lum darajada tozalash samaradorligini pasaytiradi. Shu sababli qoziqchali baraban seksiyalari o‘rniga arrakali barabanlar o‘rnatish taklifi kiritilgan.

Natijada UXK tozalash oqimida oxirgi ikki qoziqchali baraban seksiyalarini ikki arrakali baraban seksiyalariga almashtirilishini tozalash samaradorligi, chigit va tola sifatiga ta’siri, jumladan paxtadagi ulyuk va pishmagan tola plastigi ajralishiga ta’sirini aniqlash vazifalari yuzaga chiqmoqda.

Paxtani ulyuk va pishmagan tola plastigidan samarali tozalash uchun uni paxta tolasi bilan bog‘lanish kuchini aniqlash talab etiladi. 1-rasmda ulyuk va aishmagan tola plastigini paxta bo‘lagida joylashuvi keltirilgan. Ular asosan paxta bo‘lagini pastki ko‘sakga yopishgan qismida va qisman yon tomonida bo‘lib yonma-yon yotgan ikki chigit tolalari bilanbog‘lanishda bo‘lishi aniqlangan.



a) *Ulyuk* *b)*

a) Ulyuk paxta bo‘lagini pastki qismida joylashgan,
b) Ulyuk paxta bo‘lagini yon tomonida joylashgan.
v) paxta bo‘lagini pastki qismida joylashgan,
g) paxta bo‘lagini yon tomonida joylashgan.

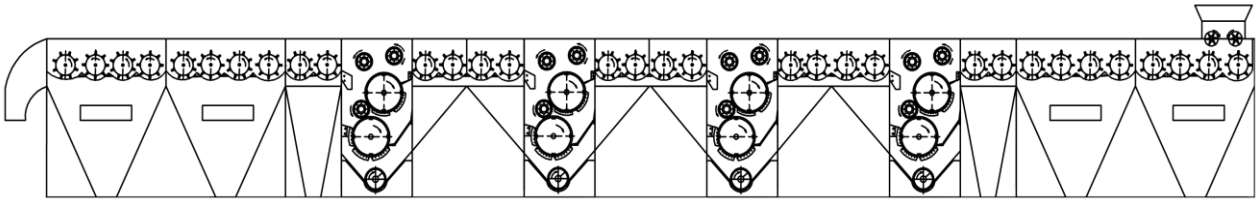


v) *pishmagan tola plastigi* *g)*

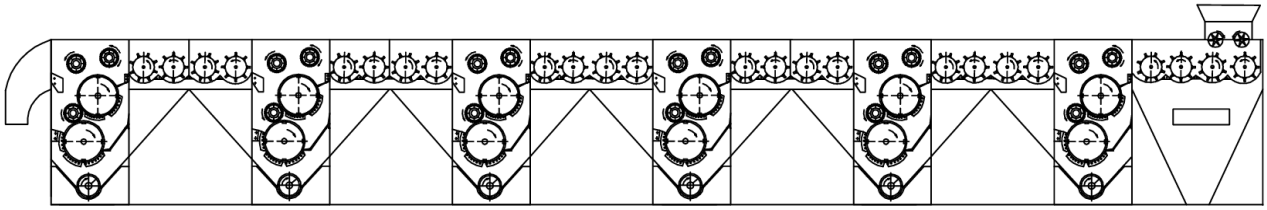
1-rasm. Ulyuk va pishmagan tola plastigini paxta bo‘lagida joylashuvi

Ulyuk va pishmagan tola plastigini paxtadan ajratish uchun paxta bo‘lagini mayda elementar bo‘laklarga ya’ni tolali yakka chigitlarga aylantirish kerak bo‘ladi. Bunda birinchidan ulyuk va pishmagan tola plastigi faqat bir chigit tolalari bilan birikishda bo‘ladi, ikkinchidan paxtani elementar bo‘laklarga ajralish jarayonida ulyuk va pishmagan tola plastigi bilan bog‘lanishda bo‘lgan tolalar cho‘zilib ba’zilari bog‘lanishni yo‘qotadi, qolganlarini bog‘lanish kuchi kamayada. Mazkur maqolada UXK tozalash oqimini takomillashtirilgan variantini paxtani ulyuk va pishmagan tola plastigidan tozalash samaradorligiga ta’sirini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba natijalari keltirilgan.

Tajriba o‘tkazish metodikasi: Tajribada namligi 8,2 %, iflosligi 12,53 % bo‘lgan S65-24 1/3 navli paxta ikki xil variantda tozalandi. (3-rasm)
1-variant. 4QB+4QB+2QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB+2QB+4QB+4QB
2-variant. 4QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB+4QB+1AB
Izoh: 4QB-to‘rtta qozichali barabandan tashkil topgan tozalash seksiyasi. 1AB-bir dona arrachali barabandan tashkil topgan tozalash seksiyasi.



1-variant



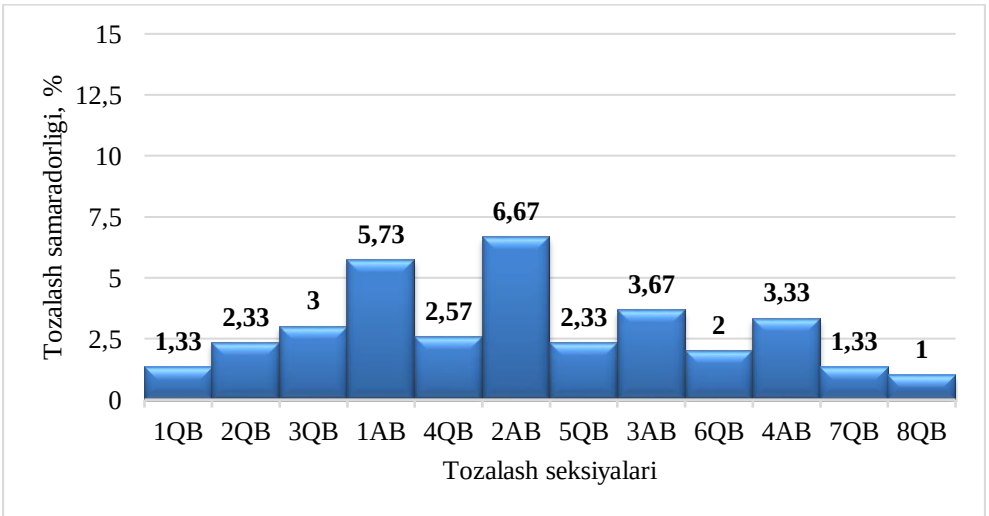
2-variant

2-rasm. Paxtani tozalash texnologik sxemasi

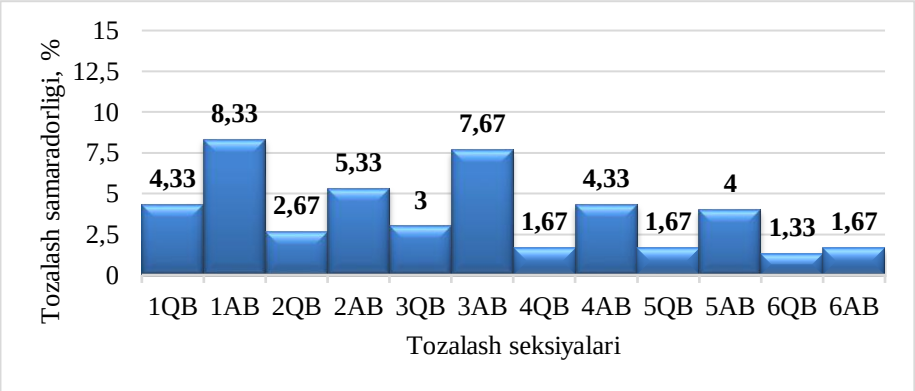
Tajribalar 6tn/soat ish unumdorligida o‘tkazildi.

Xar bir tozalash seksiyalaridan tushgan ifloslik tarkibidagi ulyuk va pishmagan tola plastigi ajratibolinib ularni miqdori aniqlandi va tozalash samaradorligi hisoblandi.

Tajriba natijalarini tahlili: Tajriba natijalari 3-4-rasmlarda keltirilgan.
Paxtani umumiy tozalash samaradorligi birinchi va ikkinchi variantlarda mos ravishda 80,7 % va 95,06 % bo‘lib ikkinchi variantda yuqori ekanligini ko‘rsatdi.



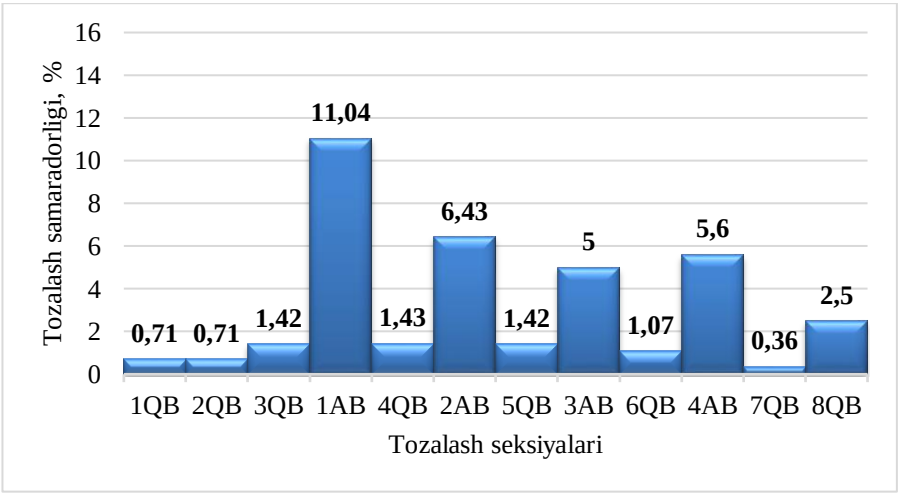
a) mavjud variant



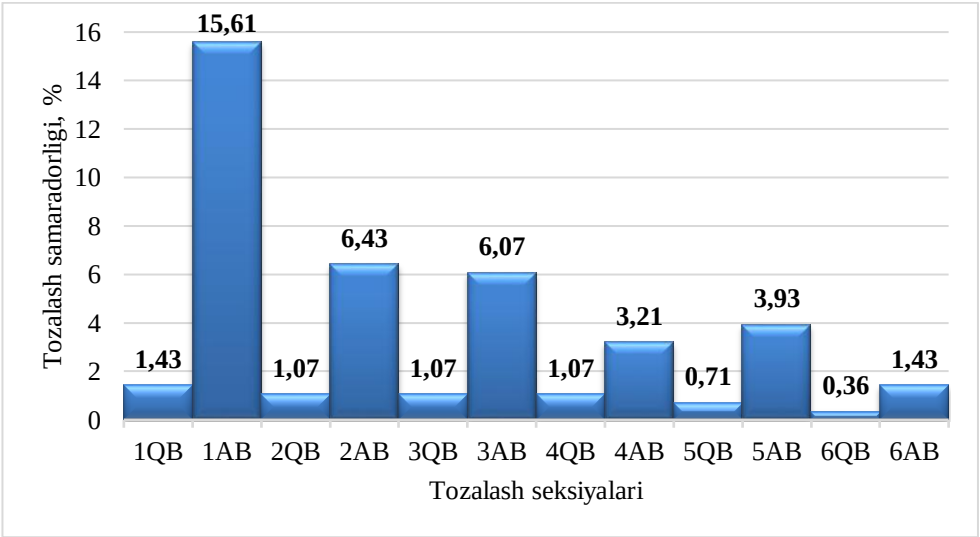
b) tavsiya varianti

3-rasm. Paxtani ulyukdan tozalash samaradorligi

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki qoziqchali barabanlarda paxtani ulyukdan tozalash samaradorligi past bo‘lib barabanlar ketma-ketligi bo‘yicha qisman oshib borishi kuzatilgan.



a) mavjud variant



b) tavsiya varianti

4-rasm. Paxtani pishmagan tola plastigidan tozalash samaradorligi

Ularni ja’mi tozalash samaradorligi mavjud variantda15,99 % ni 2-variantda esa 14,67% ni tashkil etgan. Pishmagan tola plastigi esa mavjud 1-variantda va 2-variantda mos ravishda 7,12 va 5,71 % ni tashkil jtgan. Arrachali barabanlarda ulyuk va pishmagan tola plastigini tozalanishi ancha yuqori bo‘lib mavjud va 2-variantda ulyuk bo‘yicha mos ravishda 18,9 va 31,36 % ni tashkil etgan.

Pishmagan tola bo‘yicha esa mos ravishda 27,43 % va 36,68 % dan iborat bo‘lgan. Ulyuk bo‘yicha ja’mi tozalash samaradorligi variantlar bo‘yicha mos ravishda 35,89% va 46,03 % ni, pishmagan tola plastigi bo‘yicha 34,55 % va 42,39 % ni tashkil etgan.

Xulosa: Mavjud UXK tozalash oqimida qoziqchali barabanlar seksiyalarini arrachali barabanlar seksiyalariga almashtirish paxtani iflosliklardan xamda ulyuk va pishmagan tola plastigidan tozalash samaradorligini keskin oshirish mumkinligi asoslandi. Tavsiya etilgan paxtani tozalash variantini tola va chigit sifatiga ta’siri bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar ijobiy natijani ko‘rsatdi. Tola va chigit sifati mavjud variantdan yaxshiroq ekanligi aniqlandi.

Reference

1. B.T.Bozorov, A.P.Parpiyev, I.K.Sobirov. Vliyanie kolichestva ustanovlennыx barabanov na kachestve volokna v protsesse ochistki xlopka. Universum. 2021, chast. 2, s. 5-9.
2. Bozorov B.T. Paxtani boshlang‘ich iflosligiga qarab tozalashni muvofiqlashtirgan texnologiyasini ishlab chiqish. Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori diss. Toshkent, 2023, b. 118.
3. Parpiyev A., Shorahmedova M.D., Habibullaeva D. Izuchenie deformatsii strukture xlopka-sыrsa v texnologicheskix protsessa. Universum: texnicheskie nauki. Nauchnыy jurnal (Rossiya), Moskva, № 9 (78), 2020, s. 27–30.
4. Sharachmedova M., Parpiev A. Analysis of deformation of cotton in technological processes. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(9), September 2020, 6618–6622.
5. Shoraxmedova M.D. Paxtani mayda iflosliklardan tozalagichlarni ishchi elementlarini takomillashtirish asosida tozalash samaradorligini oshirish. Diss. T.f.f.d (PhD). Toshkent. 2022 y.
6. Parpiyev A., Shorahmedova M.D., Habibullaeva D.I. Paxta tuzilma tarkibini xarakterlovchi ko‘rsatkichini tahlili. To‘qimachilik muammolari ilmiy-texnikaviy jurnali, Toshkent, № 2, 2020, b. 4–9.
7. Habibullaeva D.I. Paxtadagi tabiiy nuqsonlarni aniqlash uslubini ishlab chiqish va tola sifatini yaxshilash Diss. T.f.f.d (PhD). Toshkent. 2026 y.
8. Parpiyev A., Shorahmedova M.D., Habibullaeva D.I. Paxta tuzilma tarkibini texnologik jarayonlarda o‘zgarishi. Xalqaro ilmiy amaliy konferensiya: "Ilm fan, ta’lim va ishlab chiqarishning innovatsion rivojlantirishdagi zamonaviy muammolar", Andijon, 2020, b. 442–444.
9. A. Parpiyev, M. Ergashov, B.N. Kuziyev, O.Q. Hamidov. Qayta ishlash jarayonida paxtani cho'zishga qarshiligini baholashga oid nazariy va tajriba-sinov tadqiqotlar. To‘qimachilik muammolari ilmiy-texnikaviy jurnali, Toshkent, 2020, № 1, b. 32–39.
10. Quliev T.M. Sovershenstvovanie effektivnыx konstruksiy i nauchnыe osnovы rascheta parametrov ochistiteley xlopka-sыrsa i volokna. Diss. na soisk. doktora texn. nauk, Toshkent, 2020, s. 193–198.

11. Xolmurodov Sh.Sh. Paxta xom ashyosini iflosliklardan tozalash jarayoni samarali texnologiyasini va tozalagichlar ichki qismlarini rotsional konstruksiyalarini yaratish. Texn. fanl. doktori diss. Toshkent, 2016, b. 110–112 b.
12. Paxtani dastlabki ishlashni muvofiqlashtirilgan texnologiyasi (PDI 70-2017). Paxta sanoati ilmiy markazi AJ, 2017, 92b.
13. Xodjiev M.T., Parpiev A., Tillaev M.T., Bobodjanov M.A. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi va jihozlari. Toshkent, 2025 y, darslik., 575 b.
14. Tuychiev T.O., Mardonov J.Sh., Axmedov M.X. Kolosnikli panjara turlarini tozalash texnologiyasi bosqichlaridagi joylashuvining tozalash samaradorligiga ta'siri. O'zbekiston to'qimachilik muammolari ilmiy-texnikaviy jurnali, TTYeSI, 2024 yil, 2-son, b. 29–35.
15. Parpiyev A.P., Mardonov I.B., Hamidov O.Q., Sadikov F.S., Novruzov S.O. Paxtani UXK tozalash oqimidagi harakatini tadqiqoti // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. – Toshkent, 2025. – № 3. – B. 10–15. (ISSN 2010-6262)
16. Parpiyev A.P., Mardonov I.B., Mardonov J.Sh., Sadikov F.S., Hamidov O.Q. O‘zbekiston paxta zavodlarida paxta xom ashyosini tozalovchi uskunalar ish faoliyatini kompleks tadqiq qilish // JizPI xabarnomasi. – Jizzax, 2025. – № 3.
17. Parpiyev A.P., Navruzov N.A., Mardonov I.B., Mardonov J.Sh., Sadikov F.S. A comprehensive study of the operation of equipment for cleaning raw cotton at cotton mills in Uzbekistan // American Journal of Research. – 2025. – No. 7-8 (July-Aug). – Pp. 41–49.
18. Parpiyev A.P., Shernazarov K.E., Sadikov F.S. Mahkamlovchi kolosniklarni joylashuv burchagini paxtani ifloslikka qo‘shilib ketishiga ta’siri // JizPI xabarnomasi. Jizzax, 2025. – № 4. – B. 103–110. (ISSN 3060-4966)
19. Parpiyev A.P., Shernazarov K.E., Sadikov F.S., Pardaev X.N., Shamsiev I.R. Arrachali baraban ishchi elementlarini paxtani chiqindiga tushishiga ta’siri // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. – Toshkent, 2026. – № 1. – B. 12–17. (ISSN 2010-6262)

COMPLEX VALUE OF THE QUALITY PARAMETERS OF COMPRESSION FLEECY KNITTING PRODUCTS

M.Abdurakhimova, M.Kulmetov, A.Gulamov
Tashkent Institute of Textile and Light Industry Tashkent, Uzbekistan

Аннотация. *В настоящее время существует множество видов трикотажных полотен, создаются новые виды структур трикотажных полотен с различными эффектами, высокими физико-механическими свойствами и технологическими параметрами. В данной статье изучены результаты исследований, посвященных разработке компрессионного изделия с использованием натурального и синтетического сырья. Разработаны 5 вариантов с применением раппорта 3:1 структур трикотажа футерованных переплетений. В качестве сырья использованы натуральные и синтетические виды, такие как хлопчатобумажная пряжа, спандекс и латекс. Определены технологические параметры образцов. Также в статье приведены результаты проведенного анализа и закономерность изменения технологических параметров образцов. По данным экспериментальных исследований в зависимости от технологических параметров трикотажа получены их диаграммы изменения в графическом виде. Установлено влияние раппорта переплетений и толщины нити на изменение технологических параметров: плотность трикотажа по горизонтали и по вертикали, поверхностная и объемная плотность трикотажного полотна. Построена*

диаграмма комплексной оценки свойств трикотажа для определения наилучшего варианта образцов. Даны необходимые рекомендации по применению вариантов структур футерованного трикотажа. Варианты образцов рекомендованы для ассортимента компрессионных трикотажных изделий при профилактике варикозных заболеваний.

Ключевые слова. *Компрессионный трикотаж, футерованное переплетение, физико-механические свойства, разрывная нагрузка, удлинение, деформация.*

Annotatsiya. *Hozirgi kunda trikotaj matolarining ko‘plab turlari mavjud bo‘lib, turli ta’sirlarga, yuqori fizik-mexanik xususiyatlarga va texnologik parametrlarga ega yangi turdagi trikotaj to‘qimalar tuzilishi yaratilmoqda. Profilaktika va davolash uchun mo‘ljallangan, jumladan, kompression paypoq mahsulotlarining assortimentini kengaytirish yo‘llaridan biri — ishlab chiqilgan trikotaj to‘qimalari strukturasi va xossalarini batafsil o‘rganish hisoblanadi. Ushbu maqola tabiiy va sintetik xom ashyolardan foydalangan holda kompression mahsulot ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlar natijalari tahliliga bag’ishlangan. Futer trikotaj to‘qimasining 3:1 rapportida 5 ta variant ishlab chiqilgan. Tabiiy va sintetik xom ashyolardan foydalangan: paxta ipi - tabiiy xom ashyo turi, spandex va lateks - sintetik iplar. Ishlab chiqarilgan trikotaj namunalarining texnologik ko‘rsatkichlari aniqlandi. Trikotajning texnologik ko‘rsatkichlari o‘zgarishiga qarab ularning grafik ko‘rinishlari keltirilgan. Trikotaj to‘qimasi rapporti va ip qalinligining texnologik ko‘rsatkichlar: trikotajning gorizontal va vertical bo‘yicha zichligi, yuza va hajm zichligiga ta’siri aniqlangan. Namunalarning eng yaxshi variantini aniqlash uchun trikotajning xususiyatlarini kompleks baholash diagrammasi qurildi. Trikotaj tuzilishining variantlarini qo'llash bo'yicha zarur tavsiyalar berilgan. Varikoz tomirlarining oldini olish maqsadida profilaktik kompression trikotaj assortimenti uchun namuna variantlari tavsiya etilgan.*

Kalit so‘zlar. *Compression trikotaj, futer to‘qimasi, fizik-mexanik xususiyatlar, uzilish kuchi, cho‘zilish, deformatsiya.*

Abstract. *Currently, there are many types of knitted fabrics, new types of knitted fabric structures are being created with various effects, high physical and mechanical properties and technological parameters. This article dedicated to analyses the results of research on the development of compression knitwear using natural and synthetic raw materials. The possibilities of obtaining compression knitwear based on fleecy knitting structures. 5 variants of knitwear structures by using of different fleecy knitting structures patterns 3:1 have been produced. The raw materials used are cotton yarn - a natural type of raw material, spandex and latex - synthetic threads. The technological parameters of the samples were determined. Based on experimental studies of the technological parameters of knitwear, their graphical relationships were obtained. The influence of structure rapport and linear density of yarn on horizontal and vertical densities, surface and volume densities of knitted fabric has been established. A diagram for the comprehensive assessment of knitwear properties was constructed to determine the best variant of the samples. The necessary recommendations on the use of new variants of knitwear structures are given. Samples of structures are recommended for a range of prophylactic compression knitting products for the prevention of varicose veins.*

Key words. *Compression knitwear, fleecy structure, physical-mechanical properties, breaking strength, elongation, deformation.*

I. Introduction

The knitting industry serves as a fundamental component of the textile sector, producing an extensive variety of fabrics and goods for household, technical, and medical use. In an increasingly saturated marketplace, product quality emerges as the central element for industrial growth. This quality is defined by the ability to satisfy a complex set of consumer requirements, reflecting key operational, technical, and economic indicators. Consequently, superior product

quality demonstrates both a high technical caliber, rooted in efficient production processes, and the advanced state of manufacturing technology itself.

The average yearly growth of the textile market is expected at a CAGR (Compound Annual Growth Rate) of 3,52% during the forecast period (2024-2029) [1]. The analysis of Grand View Research shows that the market of technical textiles, including medical textiles, is expected to grow by 7% from 2024 to 2030, and the demand for natural raw materials will increase year by year, based on this, it is necessary to increase the volume of production of finished products in the textile industry, to develop a new assortment of knitted products, including the technology of obtaining knitted products intended for medical purposes, and to put it into practice [2].

Compression stockings (CSs), or graduated compression stockings (GCSs), completely differ from ordinary socks because of their unique features. They are produced from an elastic knitted fabric composed of a layer of knitted loops and a layer of inlaid yarns [3]. Compression stockings (CSs) are commonly used for exerting the highest level of pressure on the lower limbs [4] to stimulate blood circulation from the distal to proximal regions of the body [5].

The market offers a wide assortment of compression stockings (CSs), including pantyhose, knee-high, low-thigh, and thigh-high options. They are categorized by pressure level and size [4]. The human need for compression stockings has increased in recent years due to longer and more demanding working days [6]. The reason why most workers prefer using light compression stockings is to keep their bodies active during prolonged sitting work, as such stockings with soft pressure levels can be used without a prescription from a doctor [7].

The grades of compression stockings are classified into 4 classes, according to the pressure exerted on the lower legs: light/moderate, medium, strong, and very strong [4]. These compression levels are measured in millimeters of mercury, mmHg [8].

Updating the assortment of knitting products and increasing quality parameters is one of the most important and actual tasks of the knitting industry.

II. Materials and Methods

The following quality parameters of knitting product are taken as factors describing its mechanical properties: stiffness, elongation at break, elongation at tension less than breaking strength, resistance to single and repeated forces, resistance to wrinkling and friction, penetration in wet-heat treatment and etc. [9].

Air permeability, water absorption, hygroscopicity, heat retention, electrification, etc. of knitting products. defining parameters are used as factors describing physical properties.

The number and number of defects per unit of length or surface is a descriptive parameter of the appearance of the knitting product. The decrease or increase of the indicated parameter values directly depends on the kind and nature of the raw materials used in the products, and the method of obtaining knitting products. Most of the properties mentioned above are not accepted as factors characterizing the quality of all kinds of knitting products. The quality parameters of knitting products are selected and determined depending on the purpose for which the knitting product is used, operating conditions, product structure, parameters describing physical-mechanical properties, as well as the kind and function of the knitting machine used in the production of knitting product. The main parameters of the physical-mechanical properties of the knitting product determine the environment of its use. The offered knitting product samples are designed for compression fleecy knitting products. Therefore, the main characteristics of these knitting products are air permeability, stretchability and the ability to quickly return to the initial state, that is, elastic deformation. Researchers at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (TITLI) are actively engaged in the development and investigation of functional knits, with a specific focus on medical compression garments [10-12]. Building upon this foundational work, the present study aims to create compression hosiery with enhanced characteristics. To this end, seven distinct variants of fleecy knitted structures were developed.

Fleecy knitwear is characterized by the incorporation of supplementary filament systems. In these structures, certain loops within a single course are extended not only through loops of adjacent courses but also through the tucks formed by the fleecy yarns. A fundamental fleecy

construction typically comprises a base yarn and a fleecy yarn. During production on successive feeders, standard holding-down sinkers guide these yarns. The fleecy yarn is specifically tucked onto the needles, drawn over the existing (old) loops, and subsequently cast off in conjunction with them to form new loops [13-16]. A single course within a fleecy knit fabric can incorporate multiple fleecy yarns. The classification of these fabrics is directly based on the quantity of these yarns, leading to distinctions such as simple, doubled, or tripled fleecy knitwear.

Furthermore, the formation of fleecy structures is versatile and can be built upon any fundamental knitting structures. Consequently, fleecy fabrics are categorized as single-weft, double-weft, or warp-knitted, a designation that depends on the specific base knit structure into which the fleecy yarn is integrated. A single fleecy fabric naturally tends to curl at its edges due to its basic knitted structure. However, the extent of curling is less noticeable in the directions—courses or wales—where the fleecy yarn is incorporated. The resulting fabric shows lower tensile properties when the fleecy yarn is aligned with the tension direction, as in inlaid knitting. Compared with inlaid structures, fleecy knitted fabrics exhibit greater elongation, since the tucks and floats of the fleecy yarn, particularly when arranged along the course, are more curved than those in inlaid fabrics. Fleecy knitting structures are formed using at least two yarn systems on either weft- or warp-knitting machines. Production methods can be categorized as single-cycle or multi-cycle (commonly two- and three-cycle). In the single-cycle method, base and fleecy yarns are simultaneously laid on the needle within one loop-formation system. In the double-cycle method, ground and fleecy yarns are placed separately in distinct loop-forming systems. The three-cycle method introduces an additional step, where fleecy, ground, and plating yarns are each laid in separate interlooping cycles. In this study, several variations of fleecy knitting structures and their notations were designed and defined as: 1/1, c = 0; 2/1, c = 0; 3/1, c = 0; 1/1, c = 1; 2/1, c = 1; 3/1, c = 1; and 3/2, c = 1 (where the first value represents the number of wales in the fleecy yarn float, the second indicates the number of wales where the fleecy yarn forms tucks with ground loops, and s denotes the shifting steps).

III. Research

Physical-mechanical properties of two-layer knitting product samples of the new structure were determined in the CentexUz test laboratory at TITLI according to the standard method, and the obtained results are presented in Table 1.

Table 1

Physical-mechanical properties of compression fleecy knitting product

Parameters		**Variants**				
		I	II	III	IV	V
Air permeability B, $sm^3/sm^2 * sek$		29,52	28,12	42,69	42,69	48,26
Abrasion resistance И, thousand/cycle.		More than 30	More than 30	26,5	More than 30	28
Breaking strength P, H	By length	355	325	268	321	272
	By width	394	394	320	380	387
Breaking elongation L, %	By length	152	262	150	160	170
	By width	304	106	357	340	330
Tensility in 6 N, l %	By length	10,04	6,98	12	12,61	13,35
	By width	24,49	17,14	28,16	26,94	25,96
	By length	90	95	92	91	92

Elastic deformation, ε_o, %	By width	96	98	98	99	99
Plastic deformation, $\varepsilon_н$, %	By length	10	5	8	9	8
	By width	4	2	2	1	1
Shrinkage У, %	By length	11	8	17	15	10
	By width	1	5	10	9	5

Air permeability is of great importance for knitting products when evaluating clothes from a hygienic point of view, because the air permeability ensures air exchange from the bottom of the garment, and the heat retention property of the product also depends on it.

Air permeability refers to how well the product allows air to pass through. The coefficient of air permeability shows how much air can pass through 1 cm^2 of product in 1 minute under a specified pressure. The air permeability coefficient of the knitting product intended for outer products depends on the thickness of the knitting product, texture and density and is measured in cm^3 /(cm^2 •sec).

The porosity of the knitting product, the number and value of the holes, as well as the thickness of the knitting product are of great importance for the air permeability of the textile product.

The greater the porosity of the product, the lighter its weight and the higher the air permeability. High air permeability depends not only on the number of pores, but also on their shape and size. The smaller the pores, the greater the friction resistance and the lower the air permeability.

The air permeability of knitting product samples was determined experimentally on the "AR-360 SM" machine in the unit cm^3 /cm^2 s at 20°C 1 atm. A diagram of the relationship between air permeability and the thickness of the knitting product is presented in figure 1.

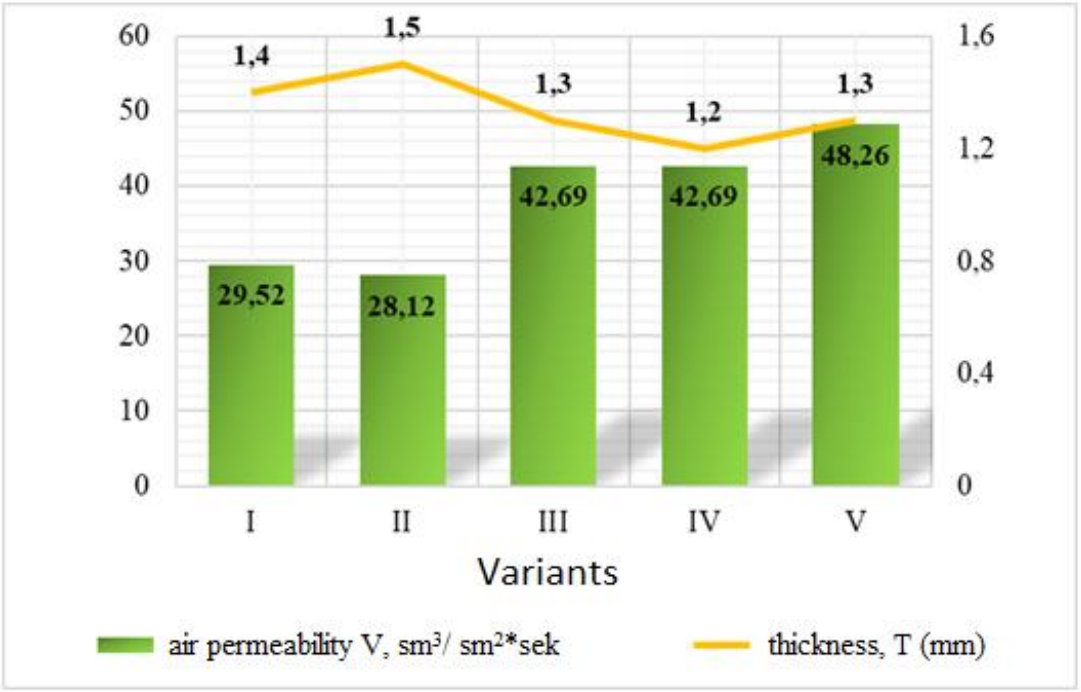


Fig.1. Histogram of the relationship between the air permeability and the thickness of the compression fleecy knitting product

The air permeability of the obtained compression fleecy knitting product samples varied from 28.12 to 48.26 $cm^3/(cm^2 \cdot sec)$ and the change was 41.7% (Table 1, Figure 1). Compared to the base fabric, variant II has a minimum air permeability of 28.12 $cm^3/ (cm^2 \cdot sec)$, which is 5% less than the base fabric (variant I). The highest air permeability of 48.26 $cm^3/ (cm^2 \cdot sec)$ was observed in variant V, which is 38.8% more than the base fabric (variant I).

The parameter of abrasion resistance of knitting products varies in a significantly large range from 20 to 500 thousand at the limits of the tool circle that determines the abrasion resistance. In terms of quality evaluation, the abrasion resistance of the knitting product is measured by the number of rotations on the loom until the product of the sample is worn. The results of the analysis show that the abrasion resistance of compression fleecy knitting product is 26.5 thousand/cycle from 30 thousand/cycle changed from to a higher parameter. This, in turn, means that the compression fleecy knitting product has a high level of resistance to friction.

Tensile strength is standardized for all knitting products and is one of the main mechanical properties of knitting defined by national standards. The hardness and elongation at break of knitting product depends on the structure of the product, the kind of weaving, the density of the knitting, the kind of raw materials, and the processing method. The tenacity of the knitting product depends on the number of yarns, the tensile stress in each row or column, and the tenacity of the yarn.

The tensile strength of the knitting product samples of the compression fleecy with a new structure was determined by the dynamometer measuloop the tensile strength and elongation at break according to the standard style "AG-1", and the test results are presented in Table 1.

The tensile strength of compression fleecy knitting product samples varied from 268 N to 355 N in length, and from 320 N to 394 N in width (Fig. 2).

Among the compression fleecy knitting products, the highest values of breaking strength in both length and width were observed in variant I (base) and the lowest values in both length and width were observed in variant III. As a result of the analysis, it can be concluded that as the amount of spandex yarns in the product increases, the tensile strength of the compression fleecy knitting product also increases. At the same time, in the composition of the compression fleecy

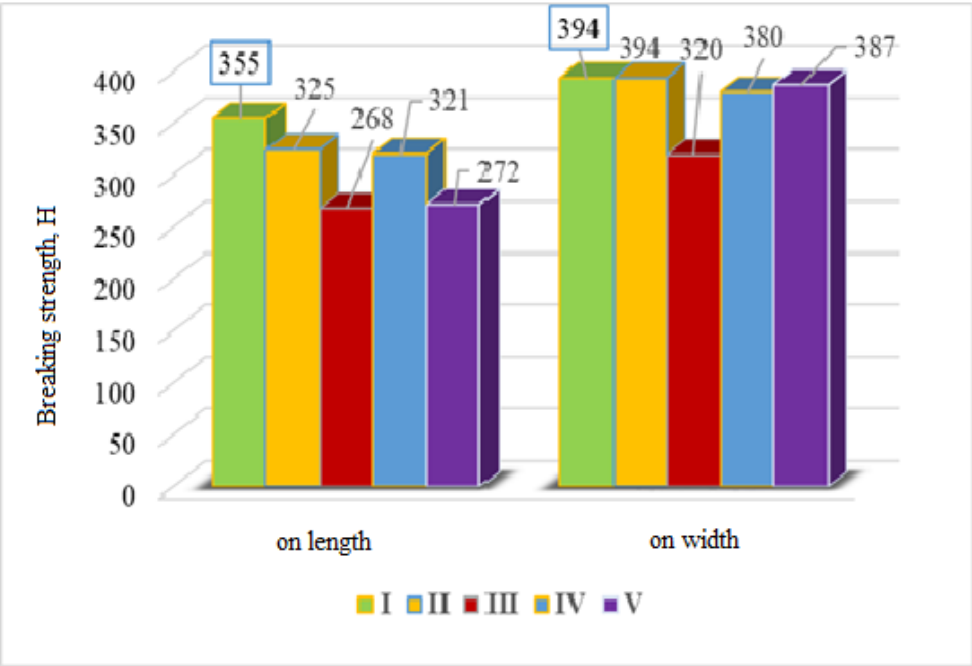


Fig.2. Histogram of changes in breaking strength of compression fleecy knitting product

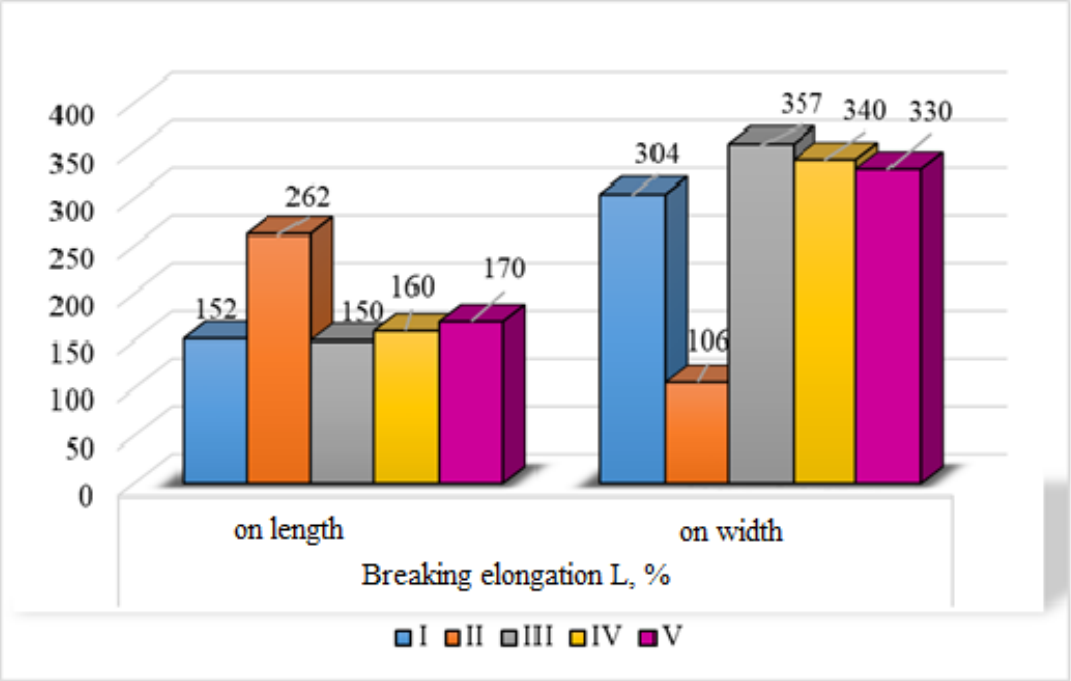


Fig.3. Histogram of breaking elongation changing of compression fleecy knitting product.

knitting product, the displacement of the fleecy yarns from the next loop row to one and two loop widths leads to a decrease in the width of the fleecy knitting product breaking strength.

In the presented compression fleecy knitting product samples, it was found that the elongation at break in the length ranged from 150 to 262%, and the elongation at break in the width ranged from 106 to 357% (Fig. 3).

From the figure 3.5, it can be seen that the breaking elongation parameter in the product sample of variant II is the highest in length - 262%, and the lowest in width - 106%. In the product sample of variant III, the opposite is observed, that is, the minimum length is 150% and the maximum width is 357%. Due to the use of two layers of cotton yarn in variant II of these product samples with the same texture structure, the elongation at break is 75% higher in length and 70% lower in width than in variant III. A decrease in the number of shifts (from 2 to 0) in the compression fleecy knitting product caused the fleecy product elongation at break to increase uniformly from 10% in length and to decrease from 17% to 10% in width. The extensibility parameter (in percent) of the compression fleecy knitting product is characterized by its elongation under the influence of a tensile constant tension of 600gs (6N). The size of the seam allowance is set according to the elasticity parameters, the product laying mode is determined during the cutting process, the machines are selected in order to prevent the deformation and stretching of the seams that occur during sewing and wet-heating processing. According to the experimental results, it was clear that the product has the least elasticity in both length and width when two layers of spun cotton yarn are used in the composition of the compression fleecy knitting product, and when a force of 6N is applied (Table 1). Stretchability is characteristic of knitting products, and the amount of elastic deformation is understood, that is, the stretchability of knitting products ensures the comfort of knitting products, and the percentage of elastic deformation indicates that knitting products have the property of returning to their initial state during use. Compression fleecy knitting products are subjected to a load for a short period of time during knitting, inspection of defects, heat-moisture treatment, shealoop, as well as use of products obtained from them, during the wealoop process, and then rest. As a result, bending, stretching, etc. in compression fleecy knitting products. deformations appear. The deformation of the compression fleecy knitting changes with changes in the yarn thickness, singleness, and number of loops. Based on the above, the elastic deformation percentage ε_0 of the researched compression fleecy knitting samples was determined.

The percentage of plastic deformation is determined. Parameters of the percentage of elastic deformation represent the properties of flexibility and shape retention of knitting products. The higher the elastic deformation rate of knitting products, the better the shape retention properties of the product made from it.

The presented compression fleecy knitting product samples have a percentage of recovery deformation in the range of 90% to 95%, and a percentage of recovery deformation in width has changed in the range of 96% to 99% (Fig.4).

The above-mentioned parameters of the recovery deformation rate indicate that the investigated compression fleecy knitting product samples immediately return to their original size after stretching.

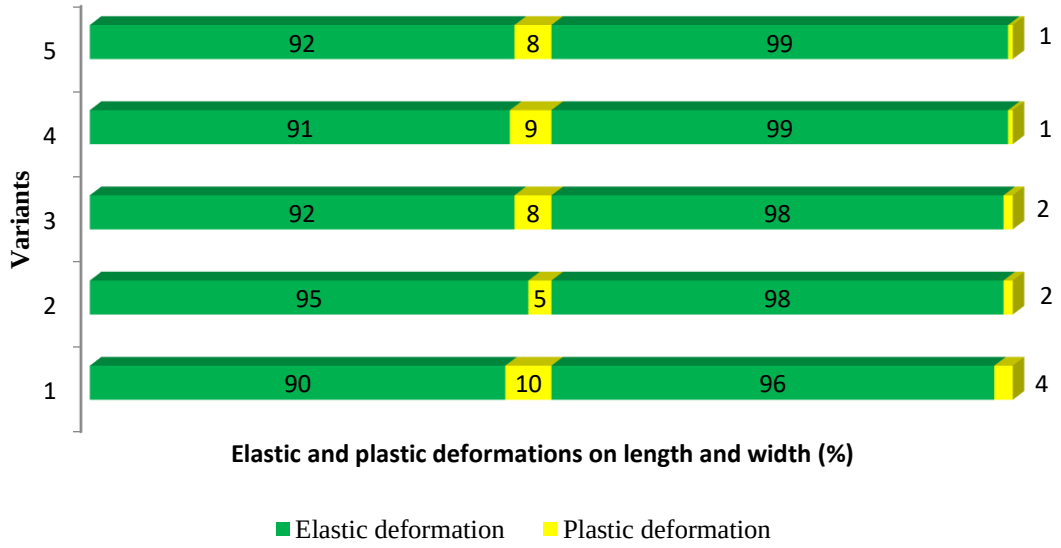


Fig.4. Percentage of elastic and plastic deformations of compression fleecy knitting product

One of the most important properties of knitting products is to maintain their linear dimensions after heat treatment.

The parameter of shape retention of knitting products is also affected by the permeability parameter of the product. The permeability parameter depends on the relaxation process and the swelling of fibers and yarns during wet processing. In this case, the structure of the knitting product changes: the configuration of the loops changes, the point of contact of the yarns shifts, the position and height of the loops located in the row of the loop changes. The permeability parameter of knitting products is greater than that of textile products, which is related to the greater excitability in the product structure [10].

Failure to maintain initial dimensions is called permeability. In addition, when knitting products are washed, cleaned with chemicals, wet, and exposed to atmospheric moisture, their initial dimensions change, that is, shrinkage or elongation occurs.

From the research results (Table 1), it was found that when two-layer spun cotton yarn is used in the product (variant II), compared to the use of two-layer spandex yarn (variant I), it is possible to achieve 3% lower permeability. In compression fleecy knit product, the increase in the displacement of the fleecy fibers leads to an increase in the permeability of the product, both lengthwise and widthwise. From this it can be concluded that the increase in the number of displacements has a negative effect on the permeability of the product.

Product quality management requires the accurate measurement and objective quality value-determining characteristics, the most important quality parameters, and the reliable

prediction of quantitative characteristics of product characteristics from the planning stage to the operational process.

The quality of textile products is a set of properties that determine their suitability to meet specific requirements [10]. It follows from this definition that not all properties are components of quality, but only those that meet the requirements that determine the processing of textile materials and their appropriate use are considered parameters of product quality.

IV. Analysis and Results

Determining the quality of the product during the period of use varies depending on the level of demand. Therefore, the quality value for one or another kind of product, especially for multi-purpose products, is not constant. For example, light coveloops and special clothes are made from linen woven fabric, but their quality parameters are different.

Value of the quality of textile materials and other kinds of products is based on the results of determination and measurement of its quality parameters, as well as the value of comparison with standards and regulatory documents. Because the methods of determining product properties are mainly detailed in standards and other regulatory documents.

The method of complex value of quality is the joint value of the material by separate parameters of quality. Sometimes it is necessary to value a number of complex main properties of the material in one parameter. As a result, it is called a general value of the quality of textile materials.

Product quality parameters are divided into real and approximate complex value depending on the nature of the complex value. A true composite evaluation has a defined physical objective, which often represents the fiber's tensile strength, as well as the product's service life in use.

A true composite estimate is better than any constant approximation. The advantage of a complex value is that it concludes on a number of final values. This value is not without its advantages and disadvantages, that is, we will not have complete information about its individual properties. In order to choose the raw material correctly, it is necessary to know the rational use of the material during the period of use and control of the technological process. It should be noted that the initial properties of any material can have a positive effect on the quality of the manufactured product and a negative effect on the technological process.

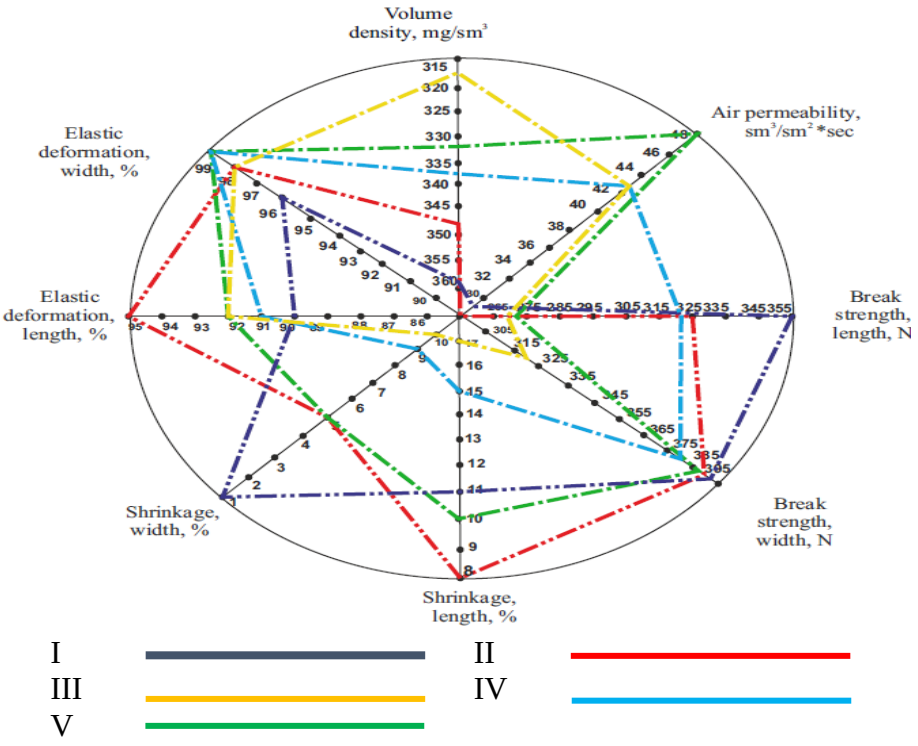


Fig.5. Complex value diagram of the quality parameters of the compression fleecy knitting samples

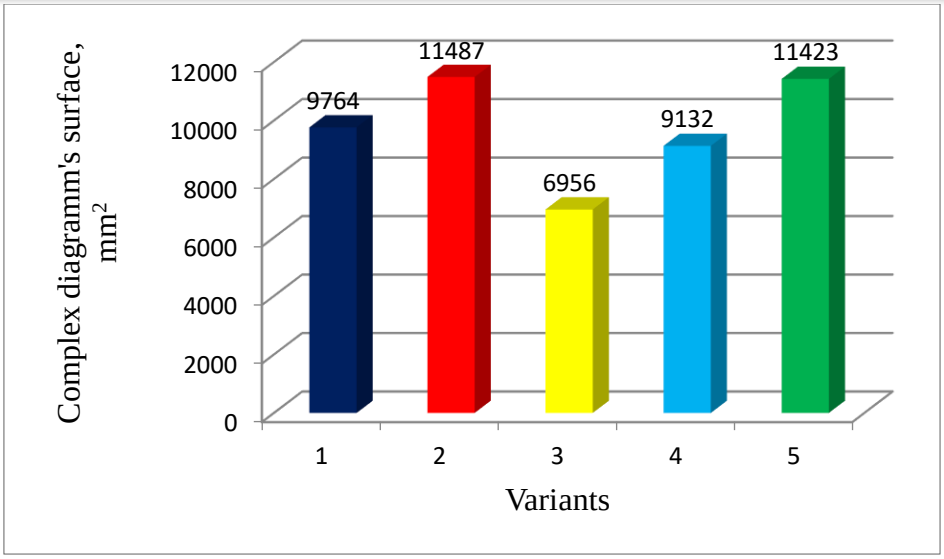


Fig.6. Comparative histogram of the complex value of the quality parameters of the compression fleecy knitting samples

A complex value of quality can be obtained from different calculations of individual quality parameters. The average complex value may not change according to the level of several quality parameters, some of them may have a lower level, and some may have a higher level.

Complex value work was carried out based on quality parameters of samples of compression fleecy knitting products. Positive and negative test results obtained by this method comparative histogram of complex value of parameters basedon their parameters, the area of the polygons was determined, and the appearance of complex evaluation diagrams and histograms is presented in Figures 5-6.

V. Discussion

If we analyze the results of the complex value of the quality parameters of the compression fleecy knitting product, the ratio of variants I, II, III is the same 3/1, and the shift is equal to 2. Variant I has the same raw material composition, cotton 30 Tex 1, spandex 75d 40F 2 and latex, the surface area of polygons in the evaluation of the quality parameters of the base yarn is 9764 mm^2, variant II has the same raw material composition, cotton 30 Tex 2, spandex 75d 40F 1 and latex the surface area of polygons in the value of the quality parameters of the base yarn was 11487 mm^2, the raw material composition of variant III was the same, the surface area of the polygons in the value of the quality parameters of the base yarn was 6956 mm^2. Variants IV and V have the same raw material composition as variant III, and differ in ratio: variant IV has a ratio of 3/1 and a shift of 1, and variant V has a ratio of 3/1 and a shift of 0. The surface area of the polygon area in the evaluation of the quality parameters of the IV variant was 9131 mm^2, and the surface area of the polygon area in the evaluation of the quality parameters of the V variant was 11423 mm^2.

In summary, the II variant of the compression fleecy knitting product has a ratio of 3/1 and a shift of 2, the raw material composition is cotton 30 Tex 2, spandex 75d 40F 1 and the fleecy yarn is latex, the V variant has a ratio of 3/1 and a shift of 0 the raw material composition is cotton 30 Tex 1, spandex 75d 40F 1 and fleecy latex.

The surface area of the polygons in the evaluation of the quality parameters of these knitting samples was 11487 mm^2 in the II variant and 11423 mm^2 in the V variant, which had the highest values compared to the other variants.

VI. Conclusion

1. Based on the methods of obtaining compression fleecy knitting products, it was determined that the raw materials used are of great importance, and the kind and characteristics of raw materials used in the production of compression fleecy knitting products were selected.

2. In order to improve the operational properties of compression fleecy knitting product, spun cotton yarn with a linear density of 30 tex, latex yarn, and spandex yarn with a linear density of 75d 40F were used.
3. It is recommended that the presented fleecy knitting sample samples can be used in the production of compression knitting products (Act "Improvement of the technology of obtaining compression knitting products intended for medical use" PD 307 Appendix 7)
4. Technological parameters and physical-mechanical properties of compression fleecy knitting products were determined and analyzed.
5. From the results of the study of technological parameters, it was found that the change of the thickness and surface density of the knitting product obeys a certain law, that is, as the thickness of the fleecy knitting product increases, its surface density also increases (variants I and II), and vice versa, as the thickness decreases, the surface density also decreases (II, III, IV, V variants), in which the surface density was observed to vary in the range of 405 - 525.4 g/m^2.
6. The volume density of the fleecy knitting product varied between 359.6 and 311.8 mg/cm^3 (the highest value was in variant I and the lowest value was in variant III), including a 13.3% decrease in volume density due to the use of one spandex yarn instead of two spandex yarns observed.
7. The lengthwise recovery percentage of the presented fleecy knitting product samples ranged from 90% to 95%, and the widthwise recovery percentage varied from 96% to 99%, and these investigated fleecy knitting product samples immediately returned to their original size after stretching and indicates that he will get it again.

References

1. Rabe, E.: Indications for Medical Compression Stockings in Venous and Lymphatic Disorders: An Evidence-Based Consensus Statement. In: Phlebology, 2018, pp. 163-184.
2. Attaran, R., Chaar.:Compression Therapy in Venous Disease. (2017).
3. Compression Hosiery Testing, http://www.smtl.co.uk/testing-services/34-medical-device-testing/52-compression-hosiery-testing.html. last accessed 22 5 2024.
4. Hoorieeh, A.M., Emiel, D.H., Minyoung, S.: Effect of Hybrid Knitted Structure on Clothing Pressure. Applied Sciences 15(2), 617 (2025)
5. Kowalski, K., Mielicka, E., Kowalski. T.: Modelling and Designing Compression Garments with Unit Pressure Assumed for Body Circumferences of a Variable Curvature Radius. Fibres & Textiles in Eastern Europe 6A, 98-102 (2012)
6. Teyeme, Y., Malengier, B., Tesfaye, T., Vasile, S., Endalew, W., Van Langenhove, L.: Predicting Compression Pressure of Knitted Fabric Using a Modified Laplace's Law. Materials 14, 4461 (2021).
7. Junjie, N., Wudi, M., John, F. , Jihad, A. , Andrew. S., Todd, R., Fedor, L.: Interface pressure changes under compression bandages during period of wearing Journal of Vascular Surgery. Venous and Lymphatic Disorders 9(4), 971-976 (2021).
8.M. P. Lozo, "The Structure and Compression of Medical Compression Stockings," *Materials*, vol. 1, no. 15, p. 353, 2022.
9. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. Текстильные полотна и изделия, 2-е изд. М.: 1992. — 272 с.
10. Nilufar Khankhadjaeva, Firuza Komolidinova, Rustam Yermatov, Nurmukhammad Khudayberdiev. Improving the technology for producing compression hosiery products by using of natural raw material. Advances in the Textile and Clothing Research. Volume 3: Structures and Composites. AUTEX 2025. TU Dresden, Germany 2025 pp. 100-127
https://doi.org/10.1007/978-3-032-21483-6

11.https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2021/06/medtech-europe-facts-and-figures-2021.pdf last accessed 2026/05/01
12.Yermatov, R., Komolidinova, F., Mamashoyev, F., Xanxadjaeva, N.: Recommendations for Compression Futer Knitwear. Interdisciplinary Innovations and Scientific Research in Uzbekistan 33, 130-135 (2024).
13.Komolidinova, F., Xanxadjaeva, N.: Research of anti-varicose hosiery for compression therapy. International Scientific and Practical Symposium Progressive Technologies and Equipment: textile, clothing, shoes 2020. Pp.119-122. Vitebsk: VSTU (2020).
14.Spenser D:, Knitting Technology. 3d edn. Woodhead Publishing Limited, USA (2001).
15.Abdurakhimov, A., Yermatov, R., Khankhadjaeva, N.: Knitting Structures for Medical Determining. Conference Dedicated to the 135th Anniversary of Professor V.E. Zotikov, Moscow (2022)
16.Compression Hosiery Testing, http://www.smtl.co.uk/testing-services/34-medical-device-testing/52-compression-hosiery-testing.html. last accessed 22 5 2024.

УДК 677.025

ДЕРЕВО СВОЙСТВ ДЛЯ КОМПРЕССИОННОГО ТРИКОТАЖА

М.М.Абдурахимова, М.К.Кулметов, О.С.Валиева, Т.А.Тоирова
Tashkent institute of textile and light industry

Annotatsiya. *Kompression trikotaj xususiyatlari daraxti tibbiy va kosmetologik buyumlarning sifat ko‘rsatkichlarini tizimlashtirish va kompleks baholash imkonini beruvchi iyerarxik model hisoblanadi. Ushbu modelda umumlashtirilgan sifat ko‘rsatkichi funksional, mexanik, gigiyenik va ekspluatatsion xususiyatlar guruhlariga ajratiladi. Asosiy funksional xususiyatlarga terapevtik ta’sirni ta’minlaydigan kompression bosim darajasi va uning gradiyenti kiradi. Mexanik xossalarga cho‘ziluvchanlik, qayishqoqlik va tiklanish qobiliyati kiradi, ular buyum shaklining chidamliligi va barqarorligini belgilaydi. Havo o‘tkazuvchanlik va namlikni singdirish kabi gigiyenik ko‘rsatkichlar uzoq muddat kiyilganda qulaylikka ta’sir qiladi. Xususiyatlar daraxtidan foydalanish alohida parametrlarning ahamiyatini aniqlash, ularning o‘zaro bog‘liqligini o‘rnatish va vazn koeffitsiyentlari asosida integral sifat ko‘rsatkichini shakllantirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv kompression trikotaj to‘qimalarini ishlab chiqarish materiallari va texnologiyalari tuzilishini optimallashtirishga, shuningdek, uning funksional samaradorligini oshirishga yordam beradi. Ishlab chiqilgan model yangi mahsulotlarni loyihalashda va mavjudlarini texnik reglament va standartlar talablari hamda iste’mol xususiyatlarini hisobga olgan holda takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *xususiyatlar daraxti, sifat ko‘rsatkichlari, kompleks baholash, vazn koeffitsiyenti, texnik reglament va standart talablari, iste’mol xususiyatlari.*

Аннотация. *Дерево свойств компрессионного трикотажа представляет собой иерархическую модель, позволяющую систематизировать и комплексно оценивать показатели качества изделий медицинского и косметологического назначения. В данной модели обобщённый показатель качества декомпозируется на группы свойств: функциональные, механические, гигиенические и эксплуатационные. К ключевым функциональным характеристикам относятся уровень компрессионного давления и его градиент, обеспечивающие терапевтический эффект. Механические свойства включают растяжимость, упругость и способность к восстановлению, определяющие долговечность и стабильность формы изделия. Гигиенические показатели, такие как воздухопроницаемость и влагопоглощение, влияют на комфорт при длительном ношении.*

Использование дерева свойств позволяет определить значимость отдельных параметров, установить их взаимосвязь и сформировать интегральный показатель качества на основе весовых коэффициентов. Данный подход способствует оптимизации структуры материалов и технологий производства компрессионного трикотажа, а также повышению его функциональной эффективности. Разработанная модель может быть применена при проектировании новых изделий и совершенствовании существующих с учётом требований технического регламента и стандартов, а также потребительских характеристик.

Ключевые слова: *дерево свойств, показатели качества, комплексная оценка, весовой коэффициент, требования технического регламента и стандарта, потребительские свойства.*

Abstract. *The compression knitwear properties tree represents a hierarchical model that allows for the systematization and comprehensive evaluation of the quality indicators of medical and cosmetic products. In this model, the generalized quality indicator is decomposed into groups of properties: functional, mechanical, hygienic, and operational. The main functional characteristics include the level of compression pressure and its gradient, which ensure therapeutic effect. Mechanical properties include extensibility, elasticity, and ability to recover, which determine the durability and stability of the product's shape. Hygienic indicators such as air permeability and moisture absorption affect comfort during prolonged wear. Using a properties tree allows for determining the significance of individual parameters, establishing their relationship, and forming an integral quality indicator based on weight coefficients. This approach contributes to optimizing the structure of materials and production technologies for compression knitwear, as well as increasing its functional efficiency. The developed model can be used in designing new products and improving existing ones, taking into account the requirements of standards and technical regulations and consumer characteristics.*

Keywords: *tree of properties, quality indicators, comprehensive assessment, weighting factor, technical regulation and standard requirements, consumer properties.*

Введение. Разработка и исследование трикотажного ассортимента с функциональными свойствами, в частности, медицинских компрессионных трикотажных изделий является одним из актуальных направлений в технологии трикотажа. Если учесть жаркие климатические условия Узбекистана, а также Средней Азии в целом, вытекает два основных пункта данного направления: во-первых, спрос на такой вид изделия увеличивается для профилактики заболеваний варикозного расширения вен, во-вторых спрос потребителя высок для ассортимента из натуральных волокон.

Ранее было установлено [1], что изделия компрессионного типа, изготовленные из трикотажных материалов, имеющие именно медицинское назначение, прежде всего должны в обязательном порядке иметь определенные характеристики, благодаря которым будет обеспечено их соответствие представленному далее спектру требований:

– в качестве основного сырья должны использоваться либо материалы, состав которых характеризуется как натуральный, либо те, которые характеризуются как синтетические, но допустимые к применению в рамках определенных медицинских целей. К натуральным материалам такого рода чаще всего относят хлопок и каучук;

– трикотажное полотно должно оказывать неравномерное давление на различные части конечностей в процессе использования изделий;

– в зависимости от конкретного назначения, каждое изделие должно оказывать на конечность давление, уровень которого соответствует заранее определенному показателю;

– каждый тип изделия должен соответствовать заранее определенному размерному ряду, будь то чулки, колготки или гольфы;

– давление, обеспечиваемое изделиями на конечность, должно быть постоянным в течение определенного временного периода;

– изделия рассматриваемого типа должны отвечать таким характеристикам, как высокие показатели прочности, эластичности и отсутствие швов.

М. А. Маринкиной [2] ранее была сформирована комплексная система, посредством применения которой может быть осуществлена объективная оценка, а также анализ тех характеристик, которые в конечном итоге являются определяющими относительно качества компрессионных изделий различного типа. В частности, данную методику можно считать применимой для анализа качества изделий, выполненных из трикотажного льняного полотна. Ранее был выполнен ряд работ опытно-экспериментального назначения. В рамках таковых было запланировано выполнить анализ характеристик полотен вышеуказанного типа. В ходе выполнения данных мероприятий были получены более точные и актуальные данные о значениях, которые так или иначе характеризуют показатели качества полотен, применяемых для изготовления изделий компрессионного типа. В частности, в ходе работы установлено, что те стандарты, которые предусматриваются в рамках действующих официальных норм, а точнее – числовые показатели таковых, на практике характеризуются как существенно превышенные. В частности, в ходе работ данного типа установлено существенное повышенное значение, характеризующее показатель деформации остаточного типа. Как правило, такие деформации имеют место при растяжениях, а кроме того – в тех случаях, когда речь идет об изменении линейных размеров. Последние могут возникать в случае выполнения такого процесса, как мокрая обработка изделия. Необходимо также уточнить, что те значения, которые характеризуют показатели растяжимости при воздействии нагрузок эксплуатационного типа, а также – те, которые характеризуют значения гигроскопичности ткани, по итогам работы были охарактеризованы, как соответствующие предусмотренным стандартам.

На сегодняшний день не предусмотрено какого-либо единого стандарта или мнения о том, какой именно материал лучше подходит для изготовления изделий компрессионного типа – натуральный или же синтетический. Аналитики *Меди Байройт* склонны считать, что предпочтительнее использовать материалы второго типа, поскольку хлопковое волокно не может быть охарактеризовано как соответствующее полному спектру тех требований, которые на данный момент предъявляются к изделиям компрессионного типа. Одновременно с этим, синтетические материалы имеют такие неоспоримые преимущества, как гипоаллергенность и гигроскопичность [3]. Другая группа специалистов из *Офа Бамберг и Сигварис*, напротив, склонна к противоположному мнению. Базируется это мнение на том, что хлопок является гораздо более предпочтительным материалом в ситуациях, когда речь идет о контакте трикотажа с кожей человека. В конечном итоге можно сделать вывод, что применение материалов обоих типов может иметь место в равной степени. Также в качестве варианта следует рассматривать возможности производства изделий из трикотажа комбинированного типа. Такой подход позволит максимизировать качество готовых изделий, минимизируя недостатки трикотажа обоих типов. Использование новых технологий и методов производства делает возможным изменение свойств и характеристик материалов синтетического типа, что в значительной степени приближает их к натуральным полотнам. Однако исследования, проведенные ранее в сфере спроса среди потребителей на изделия рассматриваемого типа [4] показывают, что большим спросом пользуются именно изделия из натуральных волокон.

Механические свойства оплетенной нити, которая является основным компонентом пряжи для эластичного трикотажа медицинских компрессионных чулок, исследовались несколькими авторами. Структурный анализ показывает, что свойства вложенных нитей в значительной степени отражают общее поведение полотна. Поэтому, характеризуя эластичные свойства прокладываемой нити, можно прогнозировать механическое поведение всех медицинских компрессионных полотен [5, 6].

В ТИТЛП ведутся работы по разработке и исследованию трикотажного ассортимента с функциональными свойствами, в частности, медицинских компрессионных трикотажных изделий [7, 8, 9]. Продолжая исследования, с целью получения компрессионного чулочно-носочного изделия с улучшенными свойствами, были разработаны 5 вариантов структуры футерованных переплетений. Структуры футерованных переплетений для компрессионных чулочно-носочных изделий были разработаны на базе кулирной глади. Варианты разработанных структур различаются друг от друга раппортом переплетения, т. е. количеством чередования прокладывания футерной нити в петли глади и сдвигом прокладывания футерной нити. Ключевые технические характеристики футерного трикотажа, применяемого на практике для изготовления чулочно-носочной продукции компрессионного назначения, в ходе работы были определены посредством применения стандартных методик. Выполненная оценка показателей, характеризующих плотность выбранных вариаций футерного трикотажного полотна, выполненных в разрезе горизонтали и вертикали, в конечном итоге позволила сделать вывод о том, что при идентичных условиях формирования переплетений, в случае с каждым конкретным полотном в существенной степени различаются показатели, характеризующие плотность таковых.

Дерево свойств — это иерархическая структура, отражающая взаимосвязь и подчинённость показателей качества продукции, где общее качество разбивается на группы, подгруппы и отдельные свойства. Иными словами, это система классификации свойств, позволяющая: -структурировать показатели качества; -установить взаимосвязи между ними; -проводить комплексную оценку качества. Дерево свойств используется для: -системного анализа качества продукции; -выбора ключевых показателей оценки; -разработки методик контроля качества; -построения интегральных показателей качества.

Структура дерева свойств обычно включает несколько уровней: 1 уровень — обобщённый показатель - качество текстильного материала; 2 уровень — группы свойств - физико-механические; -гигиенические; -эксплуатационные; эстетические; 3 уровень — частные показатели - физико-механические: прочность, растяжимость, эластичность; гигиенические: воздухопроницаемость, гигроскопичность; эксплуатационные: износостойкость, формоустойчивость; эстетические: внешний вид, цветоустойчивость [10]. В качестве примера можно привести следующий пример дерева свойств (рис.1), как общая форма модели.

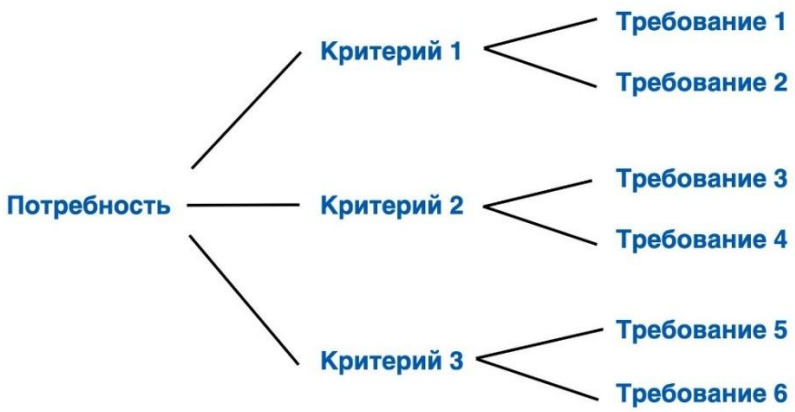


Рис.1. Пример дерева свойств, как общая форма модели

Технологии определения показателей качества. К квалиметрическим технологиям относятся технологии оценки качества, а также технологии по выявлению показателей оценки. К основным квалиметрическим технологиям по выявлению оцениваемых показателей качества можно отнести две: 1) технологию построения дерева свойств,

характеризующих качество (или интегральное качество) объекта; 2) технологию определения показателей оценивания объекта [11-12].

Методы исследования

Для разработки этих технологий необходимо понимание базовых квалиметрических терминов, обеспечивающих построение дерева свойств. В квалиметрических технологиях применяются общие и частные правила построения дерева свойств. Общие правила — правила, обязательные при любой ситуации оценки. Частные правила — те правила, которых нужно придерживаться только в зависимости от ситуации оценки. Дерево свойств может строиться в графовой (строгой или не строгой), табличной формах. Качество оценивается с точки зрения определенной потребности, но вся совокупность потребностей может быть разбита на две основные группы: потребность каждого потребителя в отдельности; усредненные потребности какой-то группы потребителей. Таким образом, качество любого продукта труда может оцениваться с точки зрения отдельного индивидуума (бесчисленное количество различных оценок качества) и с точки зрения общественной потребности. В квалиметрии считается, что любое свойство качества может быть определено двумя числовыми параметрами: весомостью и оценкой качества. В некоторых методиках весомость учитывается разными по размеру шкалами (рис.2).

Представленный пример отражает понимание качества с позиции социальной работы как профессиональной деятельности по решению проблем современного человека в обществе. Технология построения дерева свойств позволит определить на основе интегрального качества конкретные показатели качества.

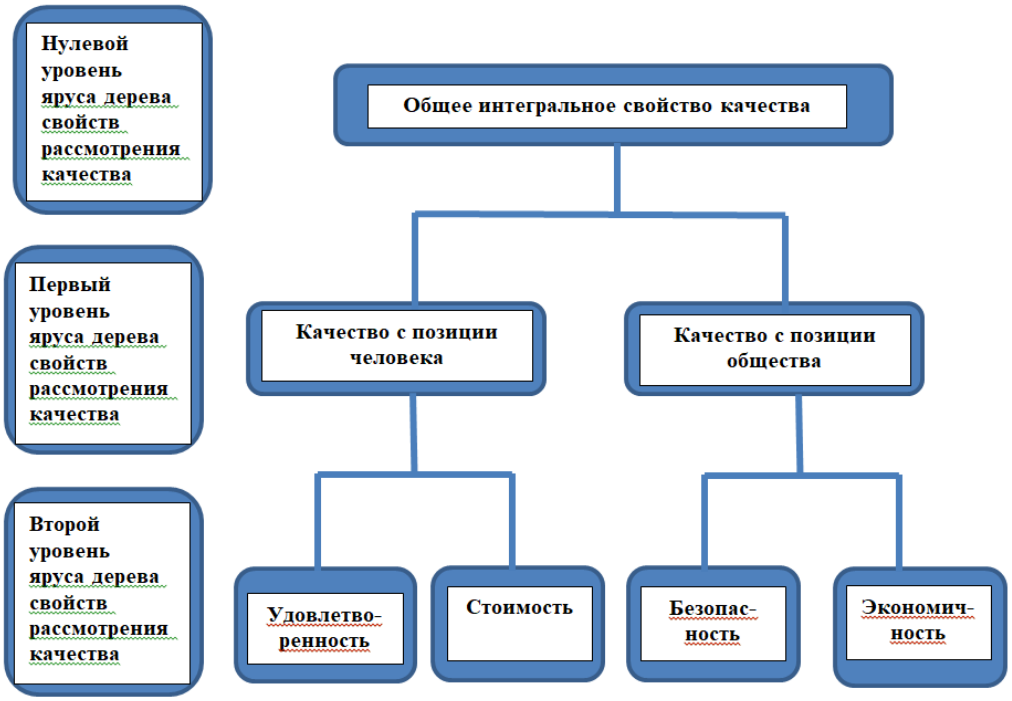


Рис.2. Дерево интегрального свойства качества.

Номенклатура показателей качества. Дерево свойств - графическое изображение иерархической структуры, состоящей из сложных свойств и связанных с ними групп свойств [13]. Полное дерево - дерево свойств, корень которого находится на 0-м уровне, а на m-м уровне находятся только простые или квазипростые свойства. Усеченное дерево - полное или неполное дерево, из которого в соответствии с конкретными условиями можно исключить одно или несколько свойств (простых или сложных) и (или) группы свойств.

Поддерево - выделенный из данного дерева свойств участок, который сам представляет собой дерево с корнем, находящимся на k-м уровне данного дерева.

Выбор показателей свойств. Свойство продукции - объективная особенность продукции, которая может проявляться при её создании, эксплуатации, потреблении. Показатель качества продукции - количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих её качество, рассматриваемая применительно к определённым условиям её создания, эксплуатации и потребления. Признак продукции - качественная или количественная характеристика любых свойств или состояний продукции. Параметр продукции - признак продукции, количественно характеризующий любые её свойства или состояния. Единичный показатель качества - показатель качества продукции, характеризующий одно из её свойств. Комплексный показатель качества продукции - показатель качества продукции, характеризующий несколько её свойств.

Дерево свойств для компрессионного трикотажа имеет свои особенности в зависимости от специальных функций данного вида изделий и показывает качество изделия [14-15].

Эксперимент исследования

Качество компрессионного изделия выражается в следующем: функциональные свойства - компрессионное давление, градиент давления; механические свойства: растяжимость, упругость, восстановление; гигиенические свойства: воздухопроницаемость, влагопоглощение; эксплуатационные свойства: износостойкость, стабильность формы; эргономические свойства: комфорт, прилеганию (рис.3).

Преимуществом оценки качества изделий методом построения дерева свойств является следующее: наглядность структуры качества, возможность количественной оценки, удобство для моделирования и оптимизации, применение в стандартизации и сертификации

Дерево свойств представляет собой иерархическую модель, отражающую структуру показателей качества продукции, позволяющую систематизировать и количественно оценивать взаимосвязанные свойства текстильных материалов и изделий.

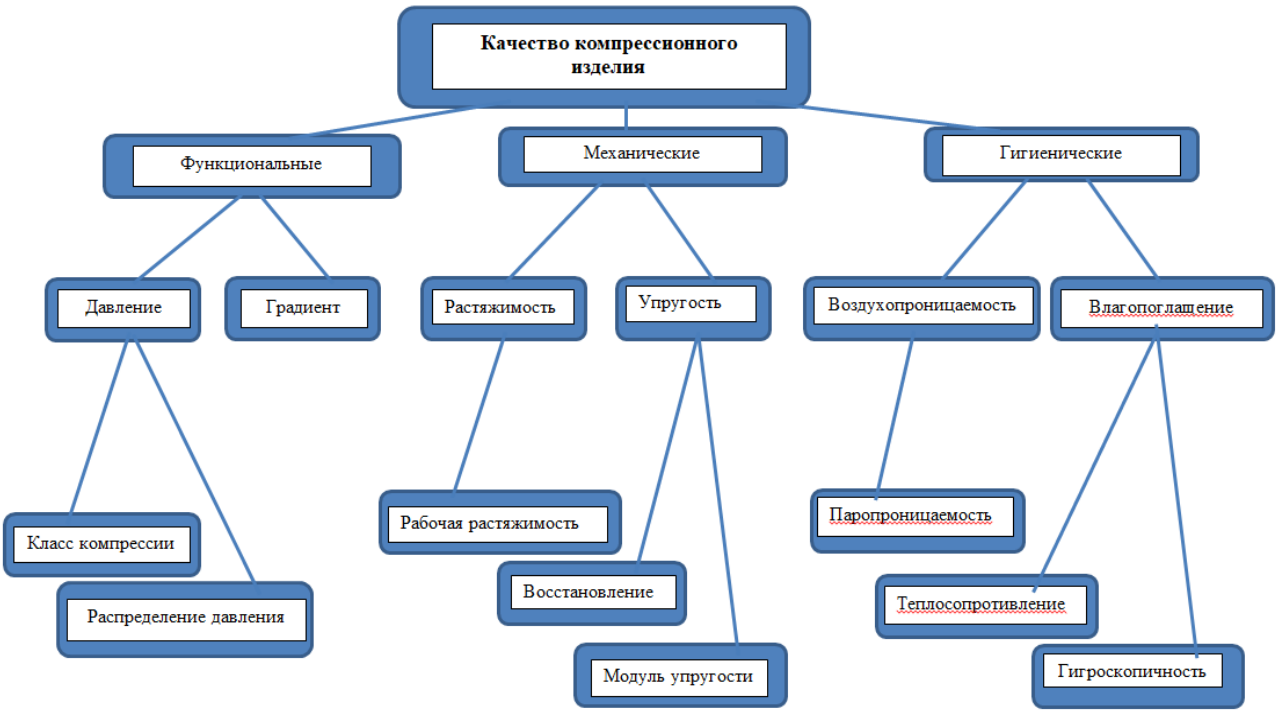


Рис.3. Дерево свойств компрессионного трикотажа

Весовые коэффициенты дерева свойств.

1. Верхний уровень (группы свойств)

№	**Группа свойств**	**Обозначение**	**Вес**
1	Функциональные	W_1	0.40
2	Механические	W_2	0.35
3	Гигиенические	W_3	0.25
	Итого		**1.00**

2. Второй уровень

Функциональные свойства (0.40)

№	**Показатель**	**Вес**
1	Компрессионное давление	0.25
2	Градиент давления	0.15
3	**Сумма**	**0.40**

Механические свойства (0.35)

№	**Показатель**	**Вес**
1	Растяжимость	0.12
2	Упругость	0.13
3	Восстановление	0.10
	Сумма	**0.35**

Гигиенические свойства (0.25)

№	**Показатель**	**Вес**
1	Воздухопроницаемость	0.10
2	Влагопоглощение	0.08
3	Теплосопротивление	0.07
	Сумма	**0.25**

Формула комплексной оценки качества экспертным методом с учётом стандартов (RAL-GZ 387 — приоритет давления)

$$Q = \sum (W_i \cdot q_i)$$

где:

-Q — интегральный показатель качества;

-W_i — весовой коэффициент;

-q_i — нормированное значение показателя.

Для количественной оценки качества компрессионного трикотажа используется метод взвешенной суммы, основанный на дереве свойств. Весовые коэффициенты определяются экспертным методом с учётом функциональной значимости показателей. Наибольший вес имеют функциональные свойства, обеспечивающие терапевтический эффект изделия. Расчёта комплексного показателя качества ведется в определенной последовательности, который приводится ниже. Для расчета выбраны наиболее важные показатели свойств компрессионного трикотажа, которые являются наиболее значимыми для пользователей (больные с варикозным расширением вен, которым предназначено носить профилактические компрессионые чулки)

1. Исходные данные (нормированные значения q_i)

(значения от 0 до 1)

№	Показатель	Обозначение	Вес W_i	Значение q_i	$W_i \cdot q_i$
1	Компрессионное давление	q_1	0.25	0.90	0.225
2	Градиент давления	q_2	0.15	0.85	0.128
3	Растяжимость	q_3	0.12	0.80	0.096
4	Упругость	q_4	0.13	0.88	0.114
5	Восстановление	q_5	0.10	0.82	0.082
6	Воздухопроницаемость	q_6	0.10	0.75	0.075
7	Влагопоглощение	q_7	0.08	0.70	0.056
8	Теплосопротивление	q_8	0.07	0.78	0.055

Значения q_i могут быть нормированы по стандартам (ISO, RAL) или получены экспериментально.

2.Расчёт интегрального показателя

$$Q = \sum (W_i \cdot q_i)$$

Q=0.225+0.128+0.096+0.114+0.082+0.075+0.056+0.055

Q=0.831

Выводы

Интерпретация результата

№	**Значение Q**	**Уровень качества**
1	0.8 – 1.0	Высокое качество
2	0.6 – 0.8	Среднее
3	< 0.6	Низкое

Q = 0.831 → Высокое качество компрессионного изделия

В результате расчёта интегрального показателя качества компрессионного трикотажа получено значение Q = 0.831, что соответствует высокому уровню качества. Это свидетельствует о том, что разработанный материал обеспечивает требуемые функциональные, механические и гигиенические характеристики.

Литература

1.Ровинская Л. П. Трикотаж специального назначения: текст лекций. – СПб.: СПГУТД, 2015.-34 с.

2.Маринкина М. А. Разработка методик оценки и исследование свойств, определяющих качество изделий компрессионного назначения льняных трикотажных полотен: дис. … канд. технических наук. Кострома, 2015. С. 171.

3.Компрессионный трикотаж – причины использования хлопка и каучука при изготовлении компрессионного трикотажа / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://compressionworld.ru/articles/i/13

4. Об искусственных и природных материалах в изделиях компрессионного трикотажа – мнение потребителей / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://compressionworld.ru/news/i/166

5.Bruniaux P, et al. Modeling the mechanics of a medical compression stocking through its components behavior: Part 1 – modeling at the yarn scale // Textile Research Journal - 2012. - 82(18) P. 1833-1845

6.Maklewska E, Nawrocki A, Ledwoń J, Kowalski K. Modelling and Designing of Knitted Products Used in Compressive Therapy // Fibers & Textiles in Eastern Europe - 2006. - 14(5), 111-113.
7. Ханхаджаева, Н. Р. Исследование антиварикозных чулочно-носочных изделий для компрессионной терапии / Н. Р. Ханхаджаева, Ф. М. Рискалиева, Н. М. Азимова // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь : материалы докладов Международного научно-практического симпозиума, Витебск, 3 ноября 2020 г. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2020. - С. 119-122.
8. Ханхаджаева Н.Р. Качественные характеристики компрессионных чулочно-носочных изделий / Н.Р. Ханхаджаева, Ф.М. Комолидинова // Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием Технический текстиль – основа научно-технического развития России. – М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2023
9. Абдурахимова М.М. Комплексная оценка качества компрессионных изделий / М.М.Абдурахимова, М.К. Кулметов // Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием Технический текстиль – основа научно-технического развития России. – М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2023
10.Г.Г.Азгальдов, А.В.Костин, В.В.Садовов. Квалиметрия: первоначальные свойства. Справочное пособие с примером для АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»: Учебное пособие – М.: Высш.шк., 2010. – 143с.
11.Граб В.П. Особенности применения экспертных методов при оценивании качества прикладных программных средств и систем автоматизации информационно-методического обеспечения образовательного процесса и управления образовательным учреждением // Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки» №2 (6), Москва, ФГУИТТ «Информика», 2010 г., стр.167-176.
12.В.К.Федюкин. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции. Учебное пособие. М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», 2004.
13. Технологии определения показателей качества [Электронный ресурс] / URL: https://studme.org/365572/sotsiologiya/tehnologii_opredeleniya_pokazateley_kachestva.
14. Номенклатура показателейкачества – дерево свойств [Электронный ресурс] / URL: https://studwood.net/1832306/tovarovedenie/nomenklatura_pokazateley_kachestva_derevo_svoystv
15. Yermatov R., Mirzaxmedov A., Khankhadjaeva N. Research of physical-mechanical properties of compression stockings. 58-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов, посвященная 60-летию УО «ВГТУ» г. Витебск, «Витебский государственный технологический университет» 16-17 апреля 2025 года 55-60-р.

UDK 677.025

KOSMETOLOGIK XIRURGIYA NIQOBLARI TURLARI VA TEXNOLOGIYASI

N.F.Muxtorova, R.B.Yermatov, N.R.Xanxadjaeva
Tashkent Institute of Textile and Light Industry Tashkent, Uzbekistan

Annotatsiya. *Ushbu maqolada kosmetologiya sohasida qo‘llaniladigan trikotaj niqoblarning konstruktiv va texnologik xususiyatlari tadqiq etilgan. Tadqiqotning maqsadi kosmetologik muolajalar samaradorligini oshirish, foydalanish qulayligini ta’minlash hamda mahsulotning gigiyenik xossalarini yaxshilash uchun turli to‘qima rapportlari asosida trikotaj niqob namunalarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot jarayonida bir necha xil trikotaj to‘qima variantlari loyihalashtirilib, ular asosida niqob namunalari tayyorlandi. Namunalar Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti (TTYSI) laboratoriyasida sinovdan o‘tkazildi.*

Eksperimental tadqiqotlar davomida trikotaj niqoblarning asosiy texnologik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari, jumladan, xomashyo sarfi, yuza zichligi hamda havo o‘tkazuvchanlik xossalari aniqlandi. Olingan natijalar turli to‘qima rapportlarining mahsulot xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Ayrim to‘qimalar yuqori havo o‘tkazuvchanlikni ta’minlagan bo‘lsa, boshqalari material sarfini kamaytirish va mahsulotning shakl barqarorligini oshirish imkonini berdi. Tadqiqot natijalari asosida kosmetologik maqsadlar uchun yuqori gigiyenik va iste’mol xossalariga ega bo‘lgan trikotaj niqoblarning optimal konstruksiyasi tavsiya etildi. Mazkur ishlanma kosmetologiya va tibbiy-texnik trikotaj mahsulotlarini yaratishda amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: *trikotaj niqob, kosmetologiya, to‘qima rapporti, havo o‘tkazuvchanlik, xomashyo sarfi, gigiyenik xossalar, trikotaj mahsulotlari.*

Аннотация. *В данной статье исследованы конструктивные и технологические особенности трикотажных масок, предназначенных для применения в косметологии. Целью исследования является разработка новых вариантов трикотажных масок на основе различных раппортов переплетений, обеспечивающих повышение эффективности косметологических процедур, комфортность использования и улучшение гигиенических свойств изделий. В ходе работы были спроектированы и изготовлены несколько образцов трикотажных масок с различной структурой переплетений.*

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности (ТИТЛП). Для разработанных образцов были определены основные технологические и эксплуатационные показатели, включая расход сырья, поверхностную плотность и воздухопроницаемость. Полученные результаты показали, что структура трикотажного переплетения оказывает существенное влияние на свойства изделий. Установлено, что отдельные виды переплетений обеспечивают более высокую воздухопроницаемость, способствуя улучшению воздухообмена и комфортности при использовании, тогда как другие позволяют снизить расход сырья и повысить формоустойчивость изделия. На основании проведённых исследований рекомендованы наиболее рациональные варианты структуры трикотажных масок для косметологического назначения. Результаты работы могут быть использованы при разработке новых видов косметологических и медицинских трикотажных изделий.

Ключевые слова: *трикотажная маска, косметология, трикотажное переплетение, раппорт переплетения, воздухопроницаемость, расход сырья, гигиенические свойства, трикотажные изделия.*

Abstract. *This article investigates the structural and technological characteristics of knitted masks designed for cosmetology applications. The main objective of the study is to develop new variants of knitted cosmetic masks based on different knit structures to enhance the effectiveness of cosmetic procedures, improve user comfort, and optimize hygienic performance. Several knitted mask samples with various loop structures and pattern repeats were designed and produced for experimental evaluation.*

Laboratory tests were conducted at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (TITLI) to determine the key technological and functional properties of the developed samples. The investigated parameters included raw material consumption, surface density, and air permeability. The experimental results demonstrated that the knitted structure significantly influences the performance characteristics of the masks. Certain knit patterns provided higher air permeability, improving ventilation and comfort during use, while others reduced material consumption and enhanced dimensional stability. The findings allowed the identification of the most suitable knitted structures for cosmetology purposes. The proposed designs combine functional efficiency, comfort, and economical material utilization. The results of this study can be applied in the development of innovative cosmetic and medical knitted products with improved hygienic and operational properties.

Keywords: *knitted mask, cosmetology, knitted structure, knit pattern repeat, air permeability, material consumption, hygienic properties, knitted products.*

Kirish. Jahonda hozirgi kunda kosmetologik jarrohlik amaliyoti global miqyosda sezilarli darajada o‘sib bormoqda. 2023 yilgi ISAPS Global Survey ma’lumotlariga ko‘ra [1], estetik va kosmetologik operatsiyalar soni o‘tgan yillarga nisbatan 11 % ga oshgan. Xususan, yuz plastikasi, liposaksiya va blefaroplastika kabi aralashuvlardan so‘ng maxsus kompression bog‘lamlar va niqoblar bemor reabilitatsiyasida keng qo‘llaniladi. Jahonda global kompression kiyim bozorining hajmi 2023 yilda taxminan 2.5 mlrd dollarni tashkil etib, 2030 yilga kelib 4.1 mlrd dollarga yetishi kutilmoqda [2], bu tibbiy va kosmetik segmentlarda mahsulot talabining tez o‘sishini ko‘rsatadi. Kompression mahsulotlarni qo‘llash reabilitatsiya jarayonida shishlarning kamayishiga 60–70 % samaradorlik bilan yordam beradi, shuningdek, reabilitatsiya muddatini o‘rtacha 3–5 kunga qisqartiradi. Biroq amaliyotda keng tarqalgan sintetik iplardan ishlab chiqarilgan kompression bandajlar terining nafas oluvchanligi pastligi, bosimning notekis taqsimlanishi va yuqori namlik xavfi kabi muammolarga duch kelmoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, sintetik iplar bilan solishtirganda paxta ipi qo‘shilgan mahsulotlar namlikni 30–40 % yuqori singdiradi, teri sog‘lig‘i va gigiyenik xossalarni yaxshilaydi. Respublikada ham kosmetologik xirurgiya xizmatlariga bo‘lgan talab ortib bormoqda, xususan, yuz sohasida bajariladigan jarrohlik amaliyotlaridan so‘ng kompression bandajlardan foydalanish amaliyoti kengaymoqda. Biroq Respublikamizda kosmetologik xirurgiya uchun mo‘ljallangan maxsus kompression bandajlar asosan import hisobiga ta’minlanmoqda. O‘zbekistondada to‘qimachilik sanoatining rivojlanishi natijasida yassi ignadonli trikotaj mashinalarida elastik mahsulotlar ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yilgan. Shuningdek, oliy ta’lim muassasalari va ilmiy-tadqiqot markazlarida paxta ipi qo‘shilgan trikotaj materiallarning gigiyenik xossalarini yaxshilash bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. O‘zbekistonda ham ushbu soha bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. 2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston Taraqqiyot Strategiyasida to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini ikki barobar oshirish, eksport salohiyatini kengaytirish, tayyor mahsulot ulushini 70 foizga yetkazish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish belgilangan [3]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining paxta-to‘qimachilik klasterlarini qo‘llab-quvvatlash, to‘qimachilik hamda tikuv-trikotaj sanoatini chuqur isloh qilish [4], ishlab chiqarish samaradorligini va eksport salohiyatini oshirishga qaratilgan 2023–2024 yillarda qabul qilingan qator farmonlari sohada investitsion muhitni yaxshilash, raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish hamda mahalliy to‘qimachilik mahsulotlarining tashqi bozorlarga chiqishini jadallashtirishga xizmat qilmoqda. Mazkur normativ-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarning izchil amalga oshirilishi to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini yangi rivojlanish bosqichiga olib chiqishga qaratilgan bo‘lib, respublikada mahalliy xom ashyoni chuqur qayta ishlash hamda yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish uchun qulay shart-sharoitlar yaratilmoqda [5,6].

Material va muammolar: Mazkur islohotlar doirasida kosmetologik xirurgiya uchun mo‘ljallangan kompression mahsulotlarni mahalliy xom ashyo asosida ishlab chiqarish masalasi alohida ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, kompression mahsulotlarning texnologik jihatdan takomillashtirilishi, ularning gigiyenik va biomekanik xossalarini yaxshilash dolzarb ilmiy-texnik vazifa bo‘lib qolmoqda. Ushbu dissertatsiyada choksiz to‘qish texnologiyasi asosida, paxta ipi bilan kombinatsiyalangan kompression bandajlar ishlab chiqarish taklif etilib, respublikada to‘qimachilik sanoatini rivojlantirish, mahalliy xom ashyoni chuqur qayta ishlash hamda raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlarga muayyan darajada ilmiy-amaliy hissa qo‘shishga yo‘naltirilgan. Kosmetologik xirurgiya sohasida jarrohlik aralashuvlaridan keyingi reabilitatsiya jarayoni bemorlarning holatini tez tiklash, asoratlarni kamaytirish va jarrohlik natijalarini barqarorlashtirishga qaratiladi. Bu jarayonning muhim komponentlaridan biri kompression terapiya bo‘lib, u ham jarrohlik, ham estetika amaliyotlarida

keng qo‘llanilmoqda. Kompression bandajlar yoki bosimli kiyimlar limfa va qon aylanishini yaxshilash, shishlarni kamaytirish va yuz terisini ravon ushlab turish kabi bir qator fiziologik ta’sirlarni amalga oshiradi, bu esa postoperatsion reabilitatsiyaga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Kompression terapiya kontseptsiyasi asosan uzoq vaqt davomida to‘qimalarga nazoratli bosim berish orqali ishlaydi. Bunday bosim limfa drenajida ortiqcha suyuqlik to‘planishining oldini oladi va shishning kamayishiga yordam beradi. Bundan tashqari, kompression bandajlar qon oqimini barqarorlashtiradi va jarrohlikdan so‘ng paydo bo‘lishi mumkin bo‘lgan gematoma va seroma kabi asoratlar xavfini kamaytirishga xizmat qiladi. Kompression bandajlar jarrohlik amaliyotlarida, xususan, konservativ tibbiy terapiyada ham, kosmetologik va plastik jarrohlikda ham qo‘llaniladi. Plastik jarrohligi sohasida yuz ko‘tarish (facelift), liposaksiya, blefaroplastika va bo‘yin konturi o‘zgartirish kabi aralashuvlardan keyingi davrda kompression mahsulotlar bemorning postoperatsion profilaktikasi sifatida keng tarqalgan. Ushbu aralashuvlar teri va yumshoq to‘qimalarni keskin o‘zgartirish bilan kechadi, bu esa suyuqlikning to‘planishiga, shish va og‘riqqa olib kelishi mumkin. Kompression bandajlar bu noxush hodisalarning oldini olishda muhim rol o‘ynaydi [7]. Kompression bandajlarning asosiy vazifalarini quyidagicha tasniflash mumkin:
1)Shishlarni kamaytirish: Nazoratli bosim to‘qimalarda ortiqcha suyuqlik to‘planishini cheklaydi va limfa oqimini tezlashtiradi. Bu jarrohlikdan keyingi shishning kamayishiga yordam beradi, shuningdek bemorning vizual qulayligini oshiradi. 2)Qon aylanishini yaxshilash: Kompression bosim tromboflebit va boshqa qon aylanishi bilan bog‘liq asoratlarni oldini olishga xizmat qiladi hamda jarrohlikdan keyingi kontur barqarorligini ta’minlaydi. 3)Shaklni ushlash: Maxsus trikotaj konstruktsiyasi jarohat olingan sohani stabil ushlab turadi, to‘qimalarning noto‘g‘ri joylashishidan saqlaydi va konturning shakllanishini qo‘llab-quvvatlaydi. 4)Og‘riqni kamaytirish: Bandajlar zarur fizik bosimni ta’minlab, og‘riq retseptorlarini tinchlantiradi va bemorning umumiy qulayligini oshiradi. 5)Asoratlarni kamaytirish: Kompression terapiya seroma, gematoma va keloid izlar kabi noxush asoratlarni oldini olishda qo‘llaniladi. Zamonaviy adabiyotlarda kompression bandajlarning samaradorligi haqida turli tadqiqotlar mavjud. Ormseth va hamkasblar olib borgan klinik sharhda postoperatsion kompression bandajlar suyuqlik to‘planishining kamayishini, limfaning yaxshilanishini va kontur barqarorligini oshirishini ko‘rsatgan. Ushbu tadqiqotda sug‘urta qilingan klinik ma’lumotlar asosida kompression bandajlar estetik jarrohlikdan keyingi 24–72 soat ichida shish miqdorini sezilarli darajada kamaytirganligi qayd etilgan. Shuningdek, Arkoubi va boshqalar olib borgan eksperimental tadqiqotda kompression bandajlar liposaksiya va yuz bilan bog‘liq shishlarni kamaytirishda ijobiy ta’sir ko‘rsatganligi, og‘riq sezilarli kamayganligi va bemorlarning qoniqish darajasi oshganligi qayd etilgan. Biroq, adabiy manbalarda kompression terapiya samaradorligiga oid izlanishlar hali ham mukammal tizimlashtirilmaganligi qayd etilgan. Ba’zi tadqiqotlar turli kompression konstruksiyalarining farqlari, ulardan foydalanish muddatlari, bosim darajalari va bemorlarning individual ehtiyojlari kabi omillar kompression mahsulotlarning natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatgan [8]. Shuning uchun kompression bandajlar ishlab chiqarish va qo‘llash texnologiyalarini yanada takomillashtirish, turli jarrohlik holatlari uchun mos konstruksiyalar va elastiklik darajalari bo‘yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa bo‘lib qolmoqda. Kosmetologik mahsulotlar bozorida yuz konturini shakllantirish va teri elastikligini yaxshilash maqsadida turli turlardagi kompression maska-bandajlar ishlab chiqarilmoqda. Dastlabki mahsulotlar tor konstruktsiyaga ega bo‘lib, faqat pastki jag‘ (iyak) sohasini qamrab oluvchi bir martalik maska-bandajlar shaklida taqdim etilgan. Bunday bandajlar terining osilib qolgan joylariga bosim tushurish orqali mikrotsirkulyatsiyani yaxshilashga xizmat qilishi mumkin [9]. Keyinchalik bozorda ko‘proq funksional va keng qamrovli yuz bandajlari paydo bo‘ldi. Bu turlar ichida bir necha asosiy guruhlarni ajratish mumkin. Kosmetologik xirurgiya uchun mo‘ljallangan kompression bandajlarning samaradorligi ularning to‘g‘ri tanlangan o‘lchamiga bevosita bog‘liq. O‘lcham mos kelmagan hollarda bandaj tomonidan hosil qilinadigan bosim noto‘g‘ri taqsimlanadi, bu esa mahsulotning funksional ta’sirini kamaytirishi yoki aksincha, haddan tashqari bosim natijasida noqulaylik keltirib chiqarishi mumkin [10].

Yuz uchun kompression bandajlar turlari va ularning funksional xususiyatlari:



Bir martalik to‘qimalar asosidagi maska-bandajlar - ularda odatda maxsus kosmetik preparatlar bilan propitka mavjud bo‘lib, ular terini namlantirish, oziqlantirish, chiziqlarni yengillatish va konturini yaxshilash uchun mo‘ljallangan.



Ko‘p martalik to‘qimalar (yuviladigan) bandajlar — bu turdagi mahsulotlar elastik materialdan tayyorlanadi va foydalanish davomida elastiklikni yo‘qotmaguncha yana-yana ishlatiladi.



Keng qamrovli yuz bandajlari — yuzning pastki jag‘i bilan birga yana bo‘yin, yonoqlar va qimmatli kontur sohalarini qamrab oladi. Ular uch qatlamli tuzilishga ega bo‘lib, har bir qatlamning o‘zi mikrotsirkulyatsiya, bosim taqsimoti va kontur modellash funksiyasiga xizmat qiladi

Kosmetologik xirurgiya uchun mo‘ljallangan kompression bandajlarning funksional samaradorligi ularni tayyorlashda qo‘llaniladigan materiallar va iplarning xossalariga bevosita bog‘liq. Kompression mahsulotlar zarur bosimni ta’minlashi, shaklini saqlashi va takroriy cho‘zilish-siqilish sikllariga bardosh berishi lozim bo‘lib, teri bilan bevosita aloqada bo‘lgani sababli qulaylik talablari ham muhim hisoblanadi [11]. Shu bois amaliyotda kompression bandajlar asosan elastik iplar (elastan, spandeks) hamda ularni mustahkamlovchi poliamid yoki poliester iplari kombinatsiyasi asosida ishlab chiqariladi [12]. Elastik iplar mahsulotga zarur darajadagi cho‘ziluvchanlik va tiklanish (recovery) xossasini beradi. Adabiyotlarda elastan asosidagi iplarning yuqori elastiklik moduli va deformatsiyaga nisbatan barqarorligi qayd etilgan. Biroq sof sintetik iplar asosida tayyorlangan trikotajlarda namlikni yutish va havo o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichlari cheklangan bo‘lib, bu uzoq muddatli foydalanishda noqulaylik keltirib chiqarishi mumkin [13,14]. Poliamid va poliester iplari mahsulotning mexanik mustahkamligini, ishqalanishga chidamliligini va shakl barqarorligini oshiradi. Biroq gigiyenik ko‘rsatkichlar (namlikni yutish, mikroiqlimni saqlash) tabiiy iplarga nisbatan pastroq bo‘lishi mumkinligi ta’kidlanadi. Shu sababli so‘nggi yillarda kompression mahsulotlarda sintetik va tabiiy iplardan tashkil topgan aralash tuzilmalar qo‘llanilishi kengaymoqda. Paxta ipi qo‘shilgan kompozitsion tuzilmalar kompression bandajlarning foydalanish qulayligini oshirishga xizmat qiladi. Paxta ipining namlikni yutish qobiliyati va teriga qulayligi mahsulot ostidagi mikroiqlimni yaxshilaydi. Tadqiqotlarda paxta ishtirokidagi trikotaj materiallarda namlikni boshqarish ko‘rsatkichlari sintetik materiallarga nisbatan yuqoriroq ekani ko‘rsatilgan. Biroq paxta ipining elastiklik darajasi past bo‘lgani sababli u odatda elastik iplar bilan kombinatsiyada qo‘llaniladi va ip tarkibidagi nisbatlar texnologik jihatdan optimal tanlanishi zarur. Kompression bandajlar uchun ip tanlashda quyidagi omillar muhim: zarur kompression darajani ta’minlaydigan elastiklik, takroriy yuklamalarda shaklni tiklash qobiliyati, eskirishga chidamlilik hamda yassi ignadonli mashinalarda choksiz to‘qishga moslik. Ilmiy manbalarda mahsulotning kompression xossalari ip tarkibi va to‘qima tuzilishiga sezilarli darajada bog‘liqligi qayd etilib, elastan ulushi oshishi bilan kompression ta’sir kuchayishi, biroq qulaylik omillari muvozanatda saqlanishi lozimligi ko‘rsatiladi [15]. Kosmetologik xirurgiya uchun mo‘ljallangan kompression bandajlarni ishlab chiqarishda turli texnologik yondashuvlar qo‘llaniladi. Amaliyotda keng tarqalgan usullarga chokli konstruksiyalar asosida tayyorlanadigan bandajlar hamda trikotaj mahsulotlaridan choksiz

to‘qish texnologiyasi asosida olinadigan bandajlar kiradi. Har bir texnologiyaning mahsulotning kompression xossalariga, konstruktiv tuzilishiga va foydalanish qulayligiga ta’siri turlicha bo‘lib, bu omillarni solishtirma tahlil qilish ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi [16].

An’anaviy chokli bandajlar to‘qima yoki trikotaj matolardan kesib tikish yo‘li bilan olinadi. Bunday texnologiya ishlab chiqarish jihatidan nisbatan oddiy bo‘lsa-da, choklar mavjudligi mahsulotda lokal qattiqlik zonalarining hosil bo‘lishiga olib keladi. Natijada kompression bosim yuz anatomik yuzalarida notekis taqsimlanadi va ayrim hollarda terida noqulaylik paydo bo‘lishi mumkin [17]. Bundan tashqari, chokli konstruksiyalarda mahsulot shaklini aniq moslashtirish cheklangan bo‘lib, individual anatomik farqlarni hisobga olish imkoniyatlari yetarli darajada emas. So‘nggi yillarda kompression bandajlar ishlab chiqarishda trikotaj asosidagi choksiz to‘qish (seamless knitting) texnologiyasidan foydalanish kengayib bormoqda. Ushbu texnologiya mahsulotni bir butun konstruksiya sifatida shakllantirish imkonini beradi, natijada choklar yo‘qligi hisobiga bosimning nisbatan bir tekis taqsimlanishi ta’minlanadi hamda mahsulotning ergonomik xossalari yaxshilanadi [18]. Choksiz to‘qish texnologiyasida mahsulotning turli zonalarida to‘qima zichligini va elastiklik darajasini o‘zgartirish orqali lokal kompression ta’sirni boshqarish mumkin, bu esa yuz konturiga moslashtirilgan bandajlar ishlab chiqishda muhim afzallik hisoblanadi. Kompression bandajlarni olishda ishlatiladigan texnologik yechimlar orasida ko‘p qatlamli (laminatsiyalangan) tuzilmalar ham uchraydi. Bunday mahsulotlarda ichki qatlam teri bilan bevosita aloqada bo‘lib, qulaylikni ta’minlashga xizmat qiladi, tashqi qatlam esa asosiy kompression vazifani bajaradi. Ko‘p qatlamli tuzilmalar mahsulotning mexanik barqarorligini oshiradi, biroq ishlab chiqarish texnologiyasini murakkablashtiradi va tannarxni oshirishi mumkin. Texnologiyalarni taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy kompression bandajlar ishlab chiqarishda choksiz to‘qish texnologiyasi istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Bu yondashuv mahsulot konstruksiyasini anatomik shakllarga moslashtirish, kompression bosimni zonalar bo‘yicha boshqarish hamda ishlab chiqarish jarayonida avtomatlashtirish darajasini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, bunday texnologiyani joriy etish maxsus uskunalar va to‘qish parametrlarini chuqur ilmiy asoslashni talab etadi.

Natijalar va muhokama.

Kompression bandaj mahsulotlarini takomillashtirishning muhim yo‘nalishlaridan biri choksiz to‘qish texnologiyalarini qo‘llash hisoblanadi. Ushbu texnologiya mahsulotni yaxlit konstruksiyada shakllantirish, choklar ta’sirini bartaraf etish, bosimni bir tekis taqsimlash hamda mahsulotning ergonomik xususiyatlarini oshirish imkonini beradi. Ayniqsa, yuz uchun mo‘ljallangan kompression bandajlarda choksiz texnologiyaning qo‘llanilishi mahsulotning anatomik moslashuvchanligini ta’minlashda muhim omil hisoblanadi. Shu bilan birga, choksiz to‘qish usuli ishlab chiqarish jarayonida xom ashyo sarfini kamaytirish va texnologik samaradorlikni oshirish imkonini ham beradi [19]. Tibbiy va kosmetologik maqsadlarda qo‘llaniladigan kompression mahsulotlarning assortimentini kengaytirish hamda ularning sifatini oshirish uchun to‘qima tuzilishi va fizik-mexanik xossalarini chuqur o‘rganish zarur hisoblanadi. Xususan, kompression bandajlarning elastiklik, qayishqoqlik, zichlik va deformatsion xossalarini tahlil qilish orqali optimal texnologik parametrlarni aniqlash mumkin. Shu asosda, mahsulotning funksional samaradorligini ta’minlaydigan va iste’molchi talablariga javob beradigan kompression bandaj konstruktsiyasini ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi [20].

Trikotaj to‘qimalari to‘qimachilik sanoatining muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ular turli konstruktiv yechimlari va texnologik xususiyatlari bilan keng assortimentda ishlab chiqariladi. Zamonaviy sharoitda, ayniqsa tibbiy va kosmetologik maqsadlar uchun mo‘ljallangan kompression trikotaj mahsulotlarini yaratishda ularning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, trikotaj to‘qimalarining strukturaviy ko‘rsatkichlarini optimallashtirish orqali mahsulot sifatini oshirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Kompression niqob mahsulotlarini loyihalash jarayonida to‘qima tuzilishi, ishlatiladigan iplarning xususiyatlari hamda texnologik parametrlar asosiy omillar sifatida qaraladi. Mazkur tadqiqotda yuz uchun mo‘ljallangan kompression

bandajlar uchun paxta ipi va elastik ip kombinatsiyasida tayyorlangan trikotaj to‘qima namunalari ishlab chiqildi. Namunalarning texnologik va fizik-mexanik xossalarini aniqlash maqsadida 6 ta variant tayyorlanib, ularning asosiy ko‘rsatkichlari tajriba yo‘li bilan o‘rganildi.

Yangi trikotaj matolarni ishlab chiqishda bir necha texnologik bosqichlar amalga oshiriladi. Mazkur bosqichlar ichida eng muhimi – to‘qimaning texnologik parametrlarini aniqlashdir. Ushbu parametrlar quyidagilardan iborat: halqa ipining uzunligi (L), halqa qadami (A), qator balandligi (B), gorizontal zichlik (PG), vertikal zichlik (PV) va yuza zichligi (MS). Keltirilgan ko‘rsatkichlar trikotaj matoning strukturaviy xususiyatlari va foydalanish jarayonidagi asosiy tavsiflarini ifodalaydi. Kompression bandaj mahsulotlari assortimentini kengaytirish hamda trikotaj tuzilishi elementlari va qo‘llaniladigan xomashyo turlarining mahsulot xossalari va material sarfiga ta’sirini o‘rganish maqsadida, trikotaj to‘qimasi negizida olti xil kosmetologik niqob namunasi ishlab chiqarildi. Tajriba namunalari “OOO Movaraunnahr Teks” korxonasida, Germaniyada ishlab chiqarilgan STOLL CMS 530 HP 14 rusumli trikotaj mashinasida ishlab chiqarildi. Ishlab chiqarish jarayonida quyidagi xomashyolardan foydalanildi: paxta hamda poliestr iplari aralashmasi (chiziqli zichligi 30/2 teks), 28/2 BOS (CHINA) Basensiya (poliamid, elastan, viskoza) kabi iplardan foydalanildi. Ushbu niqob mahsuloti namunalarining texnologik ko‘rsatkichlari va fizik-mexanik xususiyatlari Toshkent To‘qimachilik va yengil sanoat instituti qoshidagi “To‘qimachilik matolari texnologiyasi” kafedrasi laboratoriyasida eksperimental tadqiqotlar orqali aniqlandi. Olingan natijalar GOST 8541–2014 va GOST 58236–2020 standartlari talablariga muvofiqligi jihatidan baholandi.

Yuz uchun mo‘ljallangan kompression bandajlar mahsulotining to‘qima tuzilishi va ularning texnologik ko‘rsatkichlarga ta’sirini aniqlash maqsadida, glad to‘qima, interlok va lastik to‘qimalari kombinatsiyasi asosida 6 xil turdagi niqob namunalari tayyorlandi. Ular bir biridan to‘qima tuzilishi, xom ashyo turi, ipining ignalarga joylashuvi va asosiy ipning chiziqli zichligi bo‘yicha farqlanadi. Ushbu namunalar bir xil texnologik sharoitlarda tayyorlanib, ularning asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlari tajriba yo‘li bilan aniqlanib, natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Kosmetologik niqob mahsuloti to‘qimasining texnologik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar	**O‘lchov birligi**	**Variantlar**					
		1	2	3	4	5	6
Yuza zichligi	g/m^2	451,6	430,9	392,5	661,8	661,3	379,5
Qalinlik	mm	2,2	1,8	1,25	1,6	1,65	1,2
Havo o‘tkazuv-chanligi	sm^3/sm sec	48,3	65,4	26,5	17,43	31,4	61,9
Nam tortuvchanligi	%	7,21	5,9	6,4	11,8	11,3	9,63
Hajmiy zichlik	mg/sm^3	205,2	239,3	314	413,6	400,7	316,2

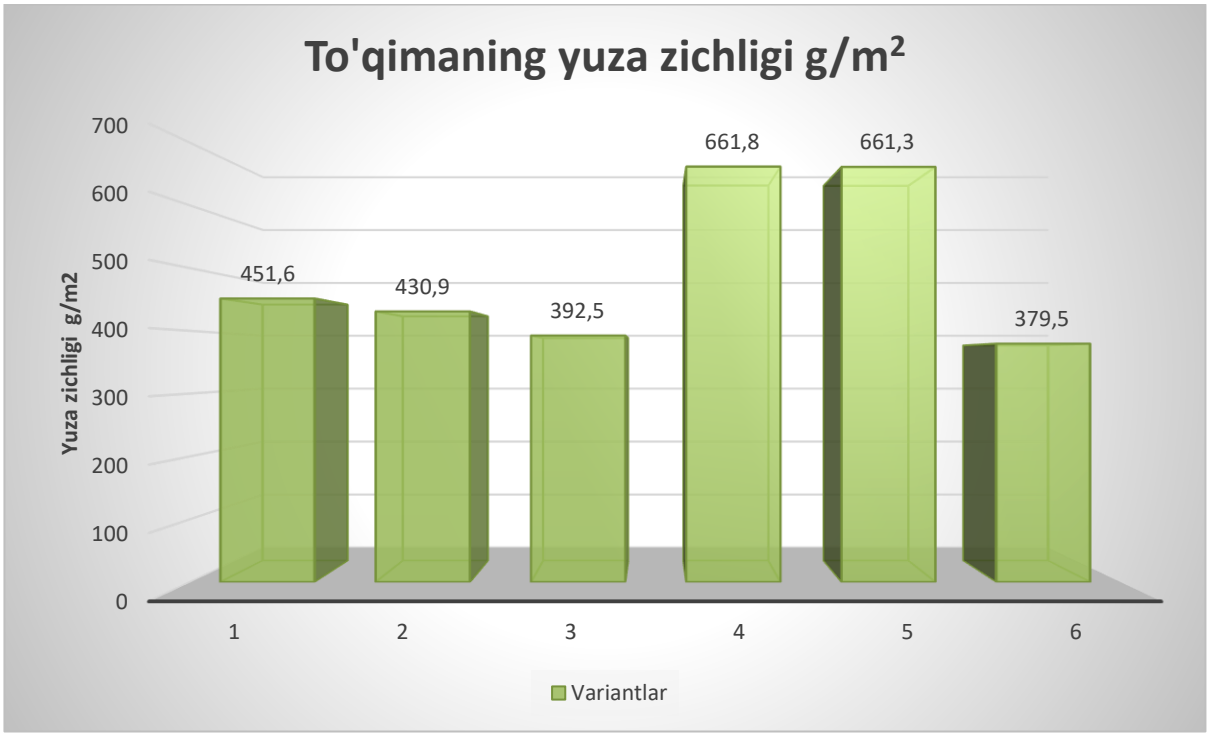
Trikotaj to‘qimalarining muhim texnologik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlaridan biri bu yuza zichligi hisoblanadi. Yuza zichligi matoning birlik yuzasiga to‘g‘ri keladigan massani ifodalaydi va u to‘qima strukturasining zichlik darajasi, iplarning chiziqli zichligi hamda ularning o‘zaro joylashuvi bilan belgilanadi. Ushbu ko‘rsatkich trikotaj mahsulotining og‘irligi, mustahkamligi, deformatsiyaga chidamliligi hamda issiqlik saqlash xususiyatlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Olingan tajriba natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqilgan trikotaj to‘qima namunalari uchun yuza zichligi ko‘rsatkichlari sezilarli darajada farqlanib, 379,5 g/m² dan 661,8 g/m² gacha oraliqda o‘zgaradi. Yuza zichligining bunday keng diapazonda o‘zgarishi, avvalo, to‘qima strukturasining xususiyatlari, iplarning chiziqli zichligi, ularning o‘zaro joylashuvi hamda to‘qish jarayonidagi texnologik parametrlar bilan izohlanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, yuza

zichligining eng yuqori qiymatlari 4- va 5-variantlarda kuzatilgan bo‘lib, bu ushbu namunalarda halqa elementlarining zich joylashganligi, iplararo masofaning kichikligi hamda to‘qima strukturasi kompakt shakllanganligini bildiradi. Bunday tuzilishga ega bo‘lgan trikotaj to‘qimalarda materialning birlik yuzasiga to‘g‘ri keladigan massa ortadi, natijada mahsulotning zichligi va potensial kompression ta’siri yuqori bo‘ladi. Aksincha, 3- va 6-variantlarda yuza zichligining nisbatan past qiymatlari qayd etilgan bo‘lib, bu namunalarda halqa tuzilmalari orasidagi masofa kattaroq ekanligi, ya’ni to‘qima strukturasi bo‘shroq shakllanganligini ko‘rsatadi. Bunday tuzilma materialning yengilligini ta’minlaydi hamda havo o‘tkazuvchanlik va foydalanish qulayligi kabi ko‘rsatkichlarning yaxshilanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin barcha yuza zichligi ko‘rsatkichlari gistogramma shaklida 1-rasmda keltirilgan.

Olingan natijalarni tahlil qilishda faqat absolyut qiymatlar emas, balki ularning o‘zaro nisbiy farqlari ham muhim ahamiyatga ega. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, maksimal qiymatga ega bo‘lgan 4-variant (661,8 g/m²) bilan minimal qiymatga ega 6-variant (379,5 g/m²) o‘rtasidagi farq qariyb 74 % ni tashkil etadi. Bu esa namunalarning tuzilishi va zichligi bo‘yicha sezilarli tafovut mavjudligini ko‘rsatadi. Yuza zichligi bo‘yicha namunalarning o‘zaro yaqinligi ham kuzatildi. Xususan, 4- va 5-variantlar o‘rtasidagi farq atigi 0,1 % ni tashkil etib, bu ularning deyarli bir xil strukturaviy xususiyatlarga ega ekanligini bildiradi. Shuningdek, 1- va 2-variantlar o‘rtasidagi farq taxminan 4–5 % atrofida bo‘lib, ular o‘rta zichlikdagi guruhga kirishini ko‘rsatadi.

Tahlil asosida namunalarning shartli ravishda uchta guruhga ajratilishi mumkin:

- yuqori zichlikdagi guruh – 4 va 5-variantlar
- o‘rta zichlikdagi guruh – 1 va 2-variantlar
- past zichlikdagi guruh – 3 va 6-variantlar



1-rasm. Kosmetologik niqob mahsuloti to‘qimasi yuza zichligi o‘zgarishi gistogrammasi

Bunday guruhlash kompression mahsulotlarni amaliy qo‘llash nuqtayi nazaridan muhimdir. Yuqori zichlikdagi namunalarda material massasi va struktura kompaktligi yuqori bo‘lgani sababli kompression ta’sir kuchliroq namoyon bo‘ladi, bu esa operatsiyadan keyingi reabilitatsiya jarayonida foydali hisoblanadi. Biroq, bu holatda havo o‘tkazuvchanlik kamayishi va issiqlik almashinuvi yomonlashishi mumkin. Past zichlikdagi namunalarda esa aksincha, to‘qima bo‘shroq tuzilishga ega bo‘lib, bu havo almashinuvi va gigiyenik xususiyatlarni yaxshilaydi, biroq

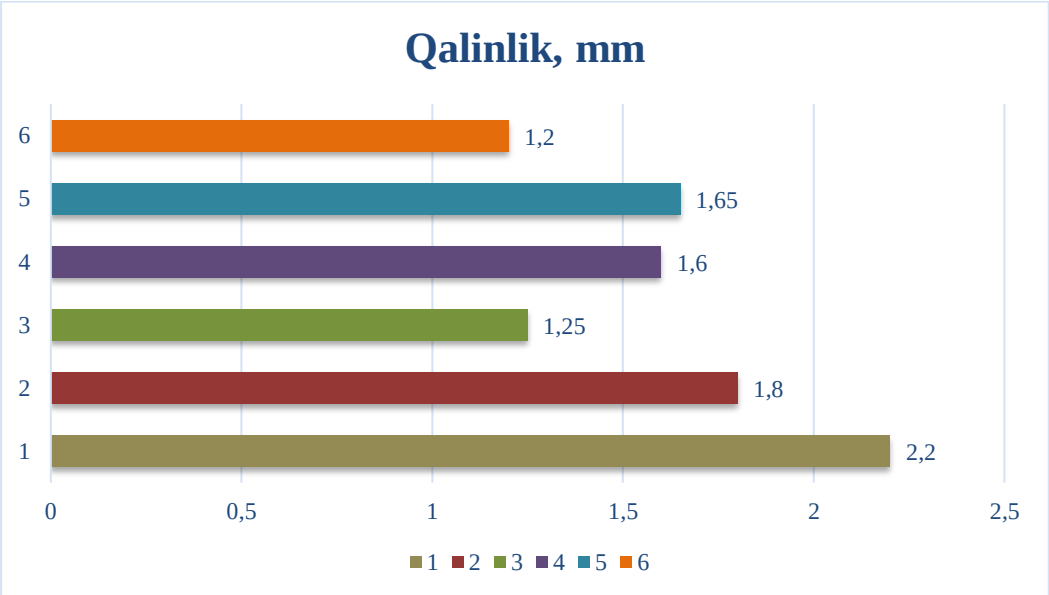
kompression ta’sirning yetarli darajada bo‘lmasligi ehtimoli mavjud. Shu sababli, bunday variantlar yengil kompression talab qilinadigan holatlar uchun mos keladi.

O‘rta zichlikdagi namunalarda esa yuqoridagi ikki holat o‘rtasida muvozanat kuzatiladi. Ya’ni, ular yetarli darajada kompression ta’sirni ta’minlagan holda, foydalanish qulayligini ham saqlab qoladi. Shu jihatdan, amaliy qo‘llash uchun eng maqbul variantlar aynan o‘rta diapazondagi namunalardan tanlanishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shu bilan birga, yuza zichligi ko‘rsatkichlarining o‘zgarishi kompression mahsulotlarning funksional xususiyatlariga bevosita ta’sir etadi. Yuqori zichlikdagi to‘qimalar bosim hosil qilish nuqtai nazaridan afzal bo‘lsa-da, past zichlikdagi variantlar gigiyenik va ergonomik jihatdan qulayroq bo‘lishi mumkin. Shu sababli, kompression bandajlar ishlab chiqarishda yuza zichligi ko‘rsatkichini tanlashda texnologik va ekspluatatsion xususiyatlar o‘rtasida muvozanatni ta’minlash muhim hisoblanadi.

Trikotaj to‘qimalarning qalinligi ularning fazoviy tuzilishini tavsiflovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri bo‘lib, to‘qima elementlarining joylashuvi, iplarning chiziqli zichligi hamda halqa tuzilishining shakllanishi bilan belgilanadi. Qalinlik trikotaj materialning hajmiy shakllanishini ifodalab, uning mexanik va deformatsion xossalari, issiqlik almashinuvi hamda kontakt yuzasi bilan o‘zaro ta’sir jarayonlariga ta’sir ko‘rsatadi.

Kompression trikotaj mahsulotlarida qalinlik ko‘rsatkichi materialning strukturaviy zichligi va bosim hosil qilish xususiyati bilan uzviy bog‘liqdir. Qalinlik ortishi natijasida to‘qima qatlamlari orasidagi o‘zaro bog‘lanish kuchayadi, bu esa materialning qarshilik ko‘rsatish xususiyatini oshiradi. Shu bilan birga, qalinlikning ortishi to‘qimaning egiluvchanligi va deformatsiyalanish qobiliyatiga ham ta’sir etib, mahsulotning murakkab shaklli yuzalarga moslashuv jarayonida o‘z aksini topadi. Qalinlikning kamayishi esa trikotaj to‘qimaning yengilligini, elastikligini va egiluvchanligini oshiradi. Bunday strukturalar yuzaning geometrik shakliga nisbatan tezroq moslashadi va kontakt zonalarida bir tekis joylashish imkonini beradi. Shu bilan birga, qalinlikning kichik qiymatlari materialning strukturaviy mustahkamligi va bosimni saqlab turish qobiliyatining kamayishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli, kompression bandajlar uchun qalinlik ko‘rsatkichini baholashda uni to‘qima zichligi, elastiklik darajasi va materialning deformatsion xatti-harakati bilan kompleks holda ko‘rib chiqish talab etiladi. Mazkur tadqiqotda ishlab chiqilgan trikotaj namunalari uchun qalinlik ko‘rsatkichlari aniqlanib, ularning boshqa texnologik va ekspluatatsion parametrlar bilan o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilindi va 2-rasmda tasvirlangan gistogrammada keltirildi.



2-rasm. Kosmetologik niqob mahsuloti to‘qimasi qalinligi o‘zgarishi gistogrammasi

Olingan tajriba natijalari asosida trikotaj to‘qima namunalari qalinligi 1,2 mm dan 2,2 mm gacha oraliqda o‘zgarishi aniqlanib, bu ko‘rsatkichlarning sezilarli darajada farqlanishi to‘qima tuzilishi va ip tarkibining ta’sirini yaqqol namoyon etadi. Eng katta qalinlik qiymati 1-variantda (2,2 mm) kuzatilgan bo‘lsa, eng kichik qiymat 6-variantda (1,2 mm) qayd etildi. Ushbu ikki ekstremal qiymat o‘rtasidagi farq taxminan 83 **%** ni tashkil etib, bu namunalarning hajmiy tuzilishi bo‘yicha sezilarli tafovut mavjudligini ko‘rsatadi. Qalinlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha namunalarning o‘zaro taqqoslanishi shuni ko‘rsatadiki, 1-variant aniq ajralib turadi va eng katta hajmiy tuzilishga ega. Bu holat, ehtimol, iplarning chiziqli zichligi yuqoriroq bo‘lishi hamda to‘qima elementlarining bo‘shroq, hajmli joylashuvi bilan izohlanadi. 2-, 3-, 4- va 5-variantlarda qalinlik qiymatlari 1,4–1,7 mm diapazonda joylashib, ular o‘zaro nisbatan yaqin ko‘rsatkichlarga ega bo‘lib, o‘rta darajadagi hajmiy tuzilishni tashkil etadi. 6-variant esa eng past qalinlikka ega bo‘lib, bu uning strukturasi nisbatan siqilgan va yupqaroq shakllanganligini bildiradi.

Qalinlikning boshqa ko‘rsatkichlar bilan bog‘liqligi ham kuzatildi. Xususan, qalinlik ortgan sari to‘qimaning hajmiy zichligi kamayish tendensiyasi kuzatiladi, bu esa 1-variant misolida yaqqol ko‘rinadi (eng katta qalinlik, ammo pastroq hajmiy zichlik). Aksincha, qalinligi kichik bo‘lgan namunalarda (masalan, 6-variant) hajmiy zichlikning ortishi kuzatiladi, bu esa materialning siqilgan va kompakt strukturasini bildiradi.

Xulosa. Kompression mahsulotlar nuqtayi nazaridan qalinlik ko‘rsatkichlari turlicha ta’sir ko‘rsatadi. Qalinligi katta bo‘lgan namunalarda materialning hajmiyligi yuqori bo‘lib, bu kontakt yuzasida yumshoqroq ta’sir va bosimning nisbatan tarqalgan holda taqsimlanishiga olib keladi. Biroq bunday struktura murakkab shaklli yuzalarga moslashishda ma’lum darajada cheklovlar keltirib chiqarishi mumkin. Qalinligi kichik bo‘lgan namunalarda esa material yuzaga yaqinroq joylashadi va bosimning lokal ta’siri kuchayadi. Bu holat kompression samaradorlikni oshirishi mumkin, biroq haddan tashqari kichik qalinlik materialning chidamliligini pasaytirishi ehtimolini ham yuzaga keltiradi. O‘rta qalinlikka ega bo‘lgan namunalarda esa (2–5-variantlar) yuqoridagi omillar o‘rtasida muvozanat kuzatiladi. Ya’ni, ular yetarli darajada moslashuvchanlikni saqlagan holda, kompression ta’sirni ham ta’minlash imkonini beradi. Shunday qilib, olingan natijalar qalinlik ko‘rsatkichining trikotaj to‘qima strukturasini shakllantirishda hamda kompression bandajlarning funksional xususiyatlarini belgilashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi. Optimal variantni tanlashda qalinlikni boshqa parametrlar bilan kompleks holda baholash talab etiladi.

Olingan tajriba natijalarini chuqur tahlil qilishda yuza zichligi va qalinlik ko‘rsatkichlarini o‘zaro bog‘liq holda ko‘rib chiqish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Chunki ushbu ikki parametr trikotaj to‘qimaning struktura shakllanishi, hajmiy tuzilishi hamda kompression xususiyatlarini kompleks ravishda tavsiflaydi.

References

1. International Society of Aesthetic Plastic Surgery (ISAPS). 2023 Global Survey on Aesthetic/Cosmetic Procedures. https://www.isaps.org/discover/about-isaps/global-statistics/global-survey-2023-full-report-and-press-releases/?utm_source=chatgpt.com
2. Grand View Research. Global Compression Therapy Market Size & Forecast to 2030. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/compression-therapy-market
3. Yangi O‘zbekiston Taraqqiyot Strategiyasi (2022–2026)
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 10-yanvardagi PF-2-sonli Farmoni — “Paxta-to‘qimachilik klasterlari faoliyatini qo‘llab-quvvatlash, to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini tubdan isloh qilish hamda sohaning eksport salohiyatini yanada oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 16.01.2025 yildagi PF-6-son Farmoni, To‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida qayta ishlash zanjirini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida

6. Ormseth BH, Livermore NR, Schoenbrunner AR, Janis JE. The Use of Postoperative Compression Garments in Plastic Surgery—Necessary or Not? A Practical Review. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2023; DOI:10.1097/GOX.0000000000005293
7. Arkoubi AY, Derder M, et al. Effect of Compression Garments on Post-Abdominoplasty Outcomes. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery. 2024. https://doi.org/10.1016/j.jpra.2024.05.014
8. Smith T., Jones R., Compression Garments in Plastic and Reconstructive Surgery: A Review of Evidence and Practice. Journal of Aesthetic Surgery. 2022. 22-33-p.
9. Маска-бандаж для лица: виды и особенности. Aumishop.ru. URL: https://aumishop.ru/bandazh-dlya-litsa/
10. Как определить свой размер маски-бандажа. mmaska.ru. URL: https://mmaska.ru/kak-opredelit-svoj-razmer
11. Ormseth B.H., Livermore N.R., Schoenbrunner A.R., Janis J.E. The Use of Postoperative Compression Garments in Plastic Surgery—A Practical Review. Plast Reconstr Surg Glob Open, 2023.https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10519563/
12. Anand S.C., Horrocks A.R. Handbook of Technical Textiles. Woodhead Publishing, 2016. https://www.sciencedirect.com/book/9781782424581/handbook-of-technical-textiles
13. Das A., Alagirusamy R. Science in Clothing Comfort. Woodhead Publishing, 2010. https://www.sciencedirect.com/book/9781845695392/science-in-clothing-comfort
14. Troynikov O., Wardiningsih W. Moisture management properties of cotton and synthetic textile materials. JTATM, 2011. https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/JTATM/article/view/660
15. Hu J. (Ed.). Structure and Mechanics of Fabrics. Woodhead Publishing, 2004. https://www.sciencedirect.com/book/9781855737517/structure-and-mechanics-of-woven-fabrics
16. Anand S.C., Horrocks A.R. Handbook of Technical Textiles. Woodhead Publishing, 2016.10-28-p.
17. Das A., Alagirusamy R. Science in Clothing Comfort. Woodhead Publishing, 2010. 320-345-p.
18. Spencer D.J. Knitting Technology. Woodhead Publishing 2001y
19. Senthilkumar M., Anbumani N. “Compression Garments and Their Applications.” Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2014. https://doi.org/10.1177/155892501400900315
20.Wang X., Li Y., Hu J. “Pressure characteristics of elastic knitted fabrics for compression garments.” Textile Research Journal, 2012. https://doi.org/10.1177/0040517511433140

UDK 677.025

KOMPRESSION MAHSULOT BOSIMINI O‘LCHASH USULLARI

Yermatov R.B., Muxtorova N.F., Mirzaxmedov A.S., Mamashoyev F.F., Xanxadjaeva N.R.
Tashkent Institute of Textile and Light Industry Tashkent, Uzbekistan

Аннотация. *В статье рассматриваются виды, функции и условия производства компрессионных изделий, а также результаты исследований по производству компрессионных изделий с использованием натурального и синтетического сырья. Использование цифровых технологий и инновационных переплетений при производстве компрессионных изделий по всему миру также оказывает влияние на развитие рынка компрессионных изделий. Разрабатываются «умные» текстильные изделия, сочетающие в себе датчики для мониторинга здоровья и компрессионного давления. Технологические достижения в области материалов, такие как бесшовный трикотаж, влагоотводящие ткани и средства контроля запаха, помогают производителям выпускать более качественные и удобные изделия. Инновации также направлены на улучшение эстетики,*

что также привлекает молодых потребителей за счет сочетания функциональности и моды. Кроме того, потребители ищут высококачественную, доступную по цене, экологически чистую продукцию, не наносящую вреда окружающей среде. Производители поддерживают потребителей, интегрируя переработанные волокна и используя более экологически чистые методы производства. Исследования по повышению эффективности компрессионных изделий, в частности за счет использования сенсорных тканей, технологий 3D-ткачества и методов проектирования на основе искусственного интеллекта, в настоящее время являются одним из наиболее актуальных направлений исследований. Подобные инновационные подходы не только повышают клиническую эффективность, но и упрощают производство и использование продукции. Поэтому данное исследование направлено на повышение эффективности компрессионной терапии путем совершенствования технологий производства, исследования новых материалов и разработки персонализированных решений, что имеет не только научное, но и практическое значение.

Ключевые слова. *Компрессионный трикотаж, бесшовный трикотаж, компрессионное давление, экологически чистые изделия*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada kompression mahsulot turlari, vazifasi va ishkab chiqarish holati, tabiiy va sintetik xom ashyolardan foydalangan holda kompression mahsulot ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlar natijalari ko'rib chiqilgan. Jahonda kompression mahsulotlarini ishlab chiqarishidagi raqamli texnologiyalardan, innovatsion to‘qimalardan foydalanish ham kompression mahsulotlar bozori rivojlanishiga ta'sir ko'rsatmoqda. Kompression bosim bilan sog'liqni monitoring qilish uchun sensorlarni birlashtirgan aqlli to'qimachilik mahsulotlari ishlab chiqilmoqda. Materiallar sohasidagi texnologik yutuqlar, choksiz trikotaj, namlik o'tkazmaydigan matolar va hidni nazorat qiluvchi kabi texnologik yutuqlar ishlab chiqaruvchilarga yanada yaxshiroq va qulayroq mahsulotlar ishlab chiqarishga yordam beradi. Innovatsiyalar, shuningdek, estetikani yaxshilashga qaratilgan bo'lib, ular funksionallik va modani birlashtirgan holda yosh iste'molchilarni ham jalb qilmoqda. Bundan tashqari, iste'molchilar yuqori sifatli, xamyonbob, atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan ekologik toza mahsulotlarni qidirmoqda. Ishlab chiqaruvchilar qayta ishlangan tolalarni integratsiyalash va atrof-muhitga zararsizroq ishlab chiqarish usullaridan foydalanish orqali istemolchilarni qo‘llab-quvvatlamoqda. Ayniqsa, sensorli matolar, 3D-to‘qish texnologiyalari va sun’iy intellekt asosidagi loyihalash usullarini qo‘llash orqali kompression mahsulotlarining samaradorligini oshirish bo‘yicha izlanishlar hozirgi vaqtda eng dolzarb yo‘nalishlardan hisoblanadi. Bunday innovatsion yondashuvlar nafaqat klinik samaradorlikni oshiradi, balki mahsulotlarning ishlab chiqarish va foydalanish qulayligini ham yaxshilaydi. Shu sababli, ushbu tadqiqot ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish, yangi materiallarni tadqiq qilish va shaxsiylashtirilgan yechimlarni ishlab chiqish orqali kompression terapiyani samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lib, u nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega.*

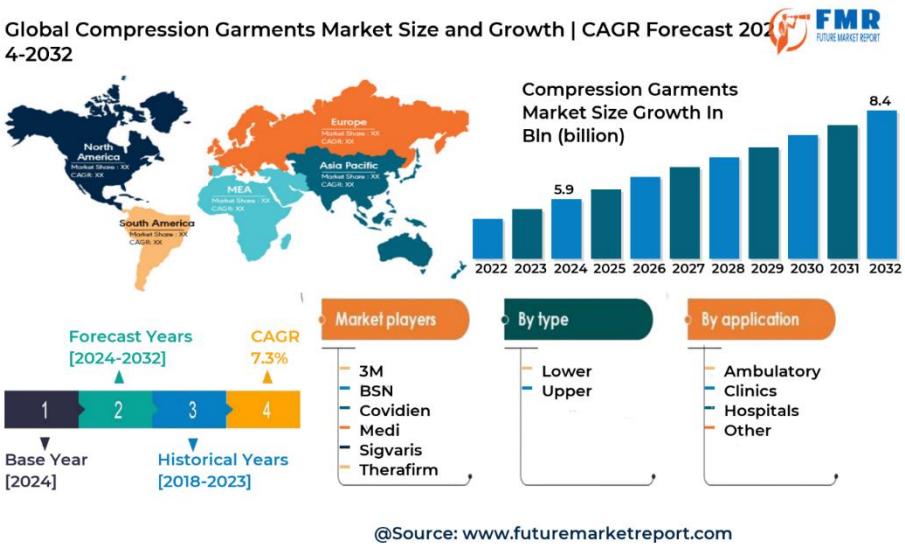
Kalit so‘zlar. *Kompression trikotaj, choksiz trikotaj, kompression bosim, ekologik toza mahsulotlar*

Abstract. *This article reviews the types of compression products, their function and manufacturing conditions, and the results of research on the production of compression stockings using natural and synthetic raw materials. The use of digital technologies and innovative fabrics in the production of compression products around the world is also affecting the development of the compression products market. Smart textile products are being developed that combine compression pressure with sensors for health monitoring. Technological advances in materials, such as seamless knits, moisture-wicking fabrics, and odor control, are helping manufacturers create better, more comfortable products. Innovations are also focused on improving aesthetics, which are also attracting younger consumers by combining functionality and fashion. In addition, consumers are looking for high-quality, affordable, environmentally friendly products. Manufacturers are supporting consumers by integrating recycled fibers and using more environmentally friendly production methods. In particular, research on improving the*

effectiveness of compression products through the use of sensor fabrics, 3D-knitting technologies, and artificial intelligence-based design methods is currently one of the most relevant areas. Such innovative approaches not only increase clinical effectiveness, but also improve the ease of production and use of products. Therefore, this research aims to improve the effectiveness of compression therapy by improving production technologies, researching new materials, and developing personalized solutions, which is not only of scientific but also practical importance.

Key words. *Compression knitwear, seamless knitwear, compression pressure, eco-friendly products*

Kirish. Jahonda 2024 yilda global kompression mahsulotlar bozori 5.9 milliard AQSh dollariga baholangan bo'lib, 2032 yil oxirigacha 8.4 milliard AQSh dollarigacha yetishi kutilmoqda. 2024-2032 yillar oralig'ida bozorning o'rtacha yillik o'sish sur'ati (CAGR) 5.3% ni tashkil qiladi [1]. Ushbu prognozlangan o'sish asosan tibbiyot sohasida (shifoxonalar, klinikalar, ambulator muassasalar va boshqalar) kompression mahsulotlardan foydalanishning kengayishi bilan bog'liq. Kompression mahsulotlar bozoriga tibbiyot, sport va estetik tendentsiyalarning kombinatsiyasi ta'sir ko'rsatmoqda [2]. Tibbiy nuqtai nazardan, surunkali venoz kasalliklari, kam harakatlik, semirish va qarish bilan bog'liq muammolarning ko'payishi qon aylanishini yaxshilaydigan va shishni kamaytiradigan kiyimlarga bo'lgan ehtiyojni oshiradi. Boshqa tomondan, sportchilar jarohatlarning oldini olish va tiklanish uchun kompression mahsulotlardan keng foydalanadilar, bu bozorni ikki tomonlama rivojlanishiga turtki bo‘lmoqda (1-rasm). Jahonda kompression mahsulotlarini ishlab chiqarishidagi raqamli texnologiyalardan, innovatsion to‘qimalardan foydalanish ham kompression mahsulotlar bozori rivojlanishiga ta'sir ko'rsatmoqda. Kompression bosim bilan sog'liqni monitoring qilish uchun sensorlarni birlashtirgan aqlli to'qimachilik mahsulotlari ishlab chiqilmoqda. Materiallar sohasidagi texnologik yutuqlar, choksiz trikotaj, namlik o'tkazmaydigan matolar va hidni nazorat qiluvchi kabi texnologik yutuqlar ishlab chiqaruvchilarga yanada yaxshiroq va qulayroq mahsulotlar ishlab chiqarishga yordam beradi. Innovatsiyalar, shuningdek, estetikani yaxshilashga qaratilgan bo'lib, ular funksionallik va modani birlashtirgan holda yosh iste'molchilarni ham jalb qilmoqda. Bundan tashqari, iste'molchilar yuqori sifatli, xamyonbob, atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan ekologik toza, mahsulotlarni qidirmoqda. Ishlab chiqaruvchilar qayta ishlangan tolalarni integratsiyalash va atrof-muhitga zararsizroq ishlab chiqarish usullaridan foydalanish orqali istemolchilarni qo‘llab-quvvatlamoqda [3].



1-rasm. Kompression mahsulotlar bozori o‘sish tendensiyasi

Respublikada to‘qimachilik sanoatini rivojlantirish, mahalliy xom ashyoni chuqur qayta ishlash va yuqori sifatli, raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda [4]. 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston Taraqqiyot Strategiyasi doirasida to‘qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini ikki baravar oshirish maqsadi belgilangan [5]

Mavjud xomashyo bazasidan samarali foydalangan holda to‘qimachilik va tikuv-trikotaj korxonalarida chuqur qayta ishlash va tayyor mahsulotlar ishlab chiqarish hamda ularning eksportini yanada rag‘batlantirish mexanizmlarini joriy etish, to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatining investitsion jozibadorligini va raqobatbardoshligini yanada oshirish, sohaning eksport salohiyatini kengaytirish, mahalliy to‘qimachilik mahsulotlarining xorijiy bozorlarga kengroq kirib borishi shu bilan birga, jahon bozorlarida raqobatning kuchayishi, xorijiy ishlab chiqaruvchilar tomonidan aralash turdagi mahsulotlar ishlab chiqarish hisobiga xarajatlarning kamaytirilishi ushbu sohani rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Keyingi besh yilda paxta tolasini chuqur qayta ishlash orqali yuqori qo‘shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar, to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 2,1 baravarga va eksport ko‘rsatkichini 2,6 baravarga oshirishni ta’minlash hamda ilg‘or texnologiyalar va zamonaviy dizaynerlik ishlanmalarini keng joriy qilish hamda xalqaro brendlarni jalb qilish orqali jami eksportda tayyor tikuv-trikotaj mahsulotlari ulushini 70 foizga yetkazish trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarishni yangi bosqichga olib chiqish belgilangan [6]

Material va metodlar. Zamonaviy jamiyatda sog‘liqni saqlash muammolari tobora murakkablashib bormoqda. Ayniqsa, harakatsiz turmush tarzi, semirish epidemiyasi va aholining qarish tendentsiyasi tufayli qon tomir va limfa tizimi kasalliklari (varikoz kengayishlari, venoz tromboz, limfedema) global salomatlik muammosiga aylangan. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, rivojlangan mamlakatlarda aholining 30-40% venoz yetishmovchilik belgilaridan aziyat chekmoqda [7]. Sport va faol hayot tarzining ommalashishi bilan birga professional va havaskor sportchilarning mushaklarni qo‘llab-quvvatlash va jarohatlarning oldini olishga bo‘lgan talablari keskin oshib bormoqda [8]. Bu holatda kompression terapiyaning tibbiyotdan tashqari sport va reabilitatsiya sohalarida ham keng qo‘llanilishini taqozo etmoqda. Kompression mahsulotlari (terapevtik paypoqlar, bandajlar, sport kiyimlari) zamonaviy tibbiyotda faqat simptomatik yechim emas, balki profilaktik vosita sifatida ham qaralmoqda. Biroq, mavjud ishlab chiqarish texnologiyalari va materiallar foydalanish qulayligi, samaradorligi va atrof-muhitga ta’siri jihatidan hali ham bir qator cheklovlarga ega. Shuning uchun kompression mahsulotlarini ishlab chiqarishda yangi materiallar, individual loyihalash usullari va aqlli texnologiyalarni qo‘llash muammolari dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Hozirgi vaqtga qadar kompression terapiya bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar asosan uning klinik samaradorligi va qo‘llash usullariga qaratilgan bo‘lsada, ammo quyidagi jihatlar yetarlicha o‘rganilmagan [10]:

1. **Materialshunoslik muammolari**: Kompression mahsulotlarida qo‘llaniladigan materiallarning fiziologik ta’siri va uzoq muddatli foydalanishdagi barqarorligi;
2. **Ishlab chiqarish texnologiyalari**: Bosimni aniq taqsimlashni ta’minlovchi innovatsion ishlab chiqarish usullari;
3. **Shaxsiylashtirilgan yechimlar**: Individual anatomik xususiyatlarga mos keladigan mahsulotlarni loyihalash metodologiyasi;
4. **Atrof-muhitga ta’sir**: Qayta ishlanadigan va biologik parchalanishga uchraydigan materiallardan foydalanish imkoniyatlari.

Ayniqsa, sensorli matolar, 3D-to‘qish texnologiyalari va sun’iy intellekt asosidagi loyihalash usullarini qo‘llash orqali kompression mahsulotlarining samaradorligini oshirish bo‘yicha izlanishlar hozirgi vaqtda eng dolzarb yo‘nalishlardan hisoblanadi. Bunday innovatsion yondashuvlar nafaqat klinik samaradorlikni oshiradi, balki mahsulotlarning ishlab chiqarish va foydalanish qulayligini ham yaxshilaydi. Shu sababli, ushbu tadqiqot ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish, yangi materiallarni tadqiq qilish va shaxsiylashtirilgan yechimlarni ishlab chiqish orqali kompression terapiyani samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lib, u nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda mamlakatimizda to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini rivojlantirish, soha korxonalarining investitsiya va eksport faoliyatini qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar amalga oshirilishi natijasida respublikada ishlab chiqarilayotgan paxta tolasi to‘liq va ip kalavaning 45 foizi qayta ishlanmoqda, shuningdek, sohaning yillik eksport salohiyati 3,2 milliard dollardan oshdi. Shu bilan birga, jahon bozorlarida raqobatning kuchayishi, xorijiy ishlab chiqaruvchilar tomonidan aralash tarkibli mahsulotlar ishlab chiqarish hisobiga xarajatlarning kamaytirilishi ushbu sohani rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlarni taqozo etmoqda. Keyingi besh yilda paxta tolasini chuqur qayta ishlash orqali yuqori qo‘shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar, to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 2,1 baravarga va eksport ko‘rsatkichini 2,6 baravarga oshirishni ta’minlash hamda to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarishni yangi bosqichga olib chiqish maqsadida Investitsiyalar, sanoat va savdo vazirligi, “O‘zto‘qimachiliksanoat” uyushmasining to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini davlat tomonidan keng miqyosda qo‘llab-quvvatlash orqali sohaning eksport salohiyatini 5 milliard AQSh dollariga yetkazish, tikuv-trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarish quvvatlaridan foydalanish darajasini 65 foizdan 81 foizga oshirish, 35 mingta gazlama, trikotaj mato ishlab chiqarish hajmini oshirish uchun infratuzilmaviy va moliyaviy shart-sharoitlar yaratish orqali paxta ip-kalavani qayta ishlash darajasini 2027-yil yakuniga qadar bosqichma-bosqich 100 foizga olib chiqish vazifalari belgilangan. Tadqiqot ishini amalga oshirish jarayonida tibbiy kompression trikotaj mahsultlari bo‘yicha manbalar tahlil qilindi. Manbalar tahlilida asosan tibbiy trikotaj mahsulotlari (kompression paypoqlar)ga oid jurnallar, monografiyalar, o‘quv adabiyotlar, mavzuga tegishli dissertatsiyalar, dissertatsiya avtoreferatlari, patent va ixtiro hujjatlari o‘rganildi. Hayotimizning ko‘p qismini oyoqda o‘tkazamiz: turamiz, yuramiz, yuguramiz, sakraymiz. Ko‘pincha oyoqlarimiz ortiqcha vazn, noqulay poyabzal, surunkali kasalliklar, kam harakatlilik va zararli odatlar tufayli birinchi bo‘lib noqulaylikni his qiladi. Tabiiyki, bu omillar birgalikda oyoqlar salomatligini yomonlashtiradi. Og‘ir oyoqlar sindromi, zo‘riqish, tirishish, qon aylanishining buzilishi belgilari va shishlar paydo bo‘ladi. Vaqt o‘tishi bilan bu holat qon tomir kasalliklarining, jumladan varikoz kasalligining rivojlanishiga olib keladi. Dastlab, bu bilinar-bilinmas mayda tomir yoki ingichka venalar ko‘rinishida bo‘ladi, ammo davolanmasa, teri osti tugunlari, shishgan venalar va yaralarga aylanadi. Og‘ir holatlarga olib kelmaslik uchun o‘z vaqtida mutaxassisga (flebologga) murojaat qilish kerak. U to‘g‘ri davolash usulini va kompression trikotaj paypoqlarni tavsiya qiladi [11]. Sport sohasida qo‘llanilishi (1970–2000-yillar) 1970-yillarda sport sohasidagi tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, mushaklarga ma’lum darajada siqish kuch qo‘shish va charchoqni kamaytirishga yordam beradi. Shu asnoda sportchilar kompression paypoqlardan foydalanishni boshladilar. 1980-yillarda Nike va Adidas kabi yirik sport brendlari birinchi marta professional sportchilar uchun kompression paypoqlarni ishlab chiqara boshladi [12]. 1990-yillarda esa Under Armour kompaniyasi "tanani qoblovchi" kompression futbolkalarini taqdim etdi, ular sportchilarda issiqlikni taminlash va harakatlanishni osonlashtirish uchun mo‘ljallangan edi. 1998-yilda avstraliyalik SKINS brendi paydo bo‘lib, dinamik kompression texnologiyasini joriy qildi. Bu kiyimlar mushaklarga harakat paytida qo‘shimcha qo‘llab-quvvatlovchi bosim berardi. Zamonaviy Innovatsiyalar (2000-yillardan hozirgi kundacha) 21-asrda kompression trikotaj mahsulotlari nafaqat tibbiyot va sportda, balki kundalik hayot moda sohalarida ham keng tarqaldi. Aqlli kompression to‘qimalari - CW-X va 2XU kabi brendlar mushaklarning anatomik tuzilishiga mos keladigan "zonali siqish" texnologiyasini ishlab chiqdilar. Biofeedback asosidagi kiyimlar – ba’zi kompression mahsulotlari sensorlar bilan jihozlangan bo‘lib, foydalanuvchining mushak faoliyati va yurak urish tezligini monitoring qiladi. Kompression paypoqlar va futbolkalar – bugungi kunda ko‘plab odamlar fitnesda yoki ish kunida ham kompression kiyimlarini kiyishadi. 3D to‘qish texnologiyasi [13] – aynan bemorning oyoqlari yoki qo‘llari shakliga moslab maxsus kompression paypoqlarni ishlab chiqarish imkonini beradi. Kompression trikotaj mahsulotlarining tarixi tibbiy ehtiyojlardan boshlanib, sport va moda sohalariga qadar kengaygan. Bugungi kunda ular nafaqat sog‘liqni saqlash, balki sport ko‘rsatkichlarni oshirish va hatto kundalik qulaylik

uchun ham qo‘llaniladi. Texnologiyaning rivojlanishi bilan bu soha yanada innovatsion yechimlarni taklif qilishda davom etadi.

Muhokama. Boshida kompression trikotaj faqat tibbiy maqsadlarga mo‘ljallangandek tuyulsa-da, aslida uni kundalik hayotda ishlatish uchun ko‘plab sabablar mavjud [14]. Bugungi kunda quyidagi holatlarda bo‘lgan kishilar unga tobora ko‘proq ehtiyoj sezmoqdalar:

- Kam harakat turmush tarzi
- Ortiqcha vazn
- Tik turishni taqazo etadigan kasblar (o‘qituvchi, sartarosh)
- Homiladorlik
- Sportchilar
- Nogironligi bo‘lgan insonlar
- Operatsiyadan oldin va keyingi tiklanishda
- Qon tomir kasalliklarga moil insonlar

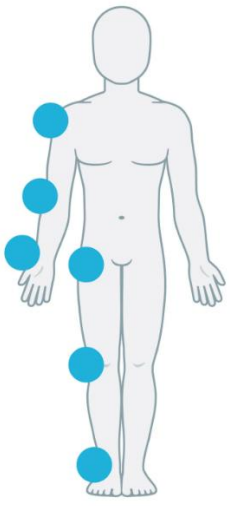
Kompression trikotaj mahsulotlari tibbiyot, sport yoki qomadni saqlash maqsadlari uchun siqish mahsulotlari sifatida ta’riflanishi mumkin. Ushbu mahsulotlarning siqilish xususiyatlariga asosiy e’tibor qaratiladi, ammo estetik, qulaylik va yakuniy foydalanish xususiyatlari iste’molchilar uchun katta ahamiyatga ega [15,16]. Tibbiy maqsadlar uchun mo‘ljallangan kompression mahsulotlar inson tanasining holatiga qarab tasniflanishi mumkin.

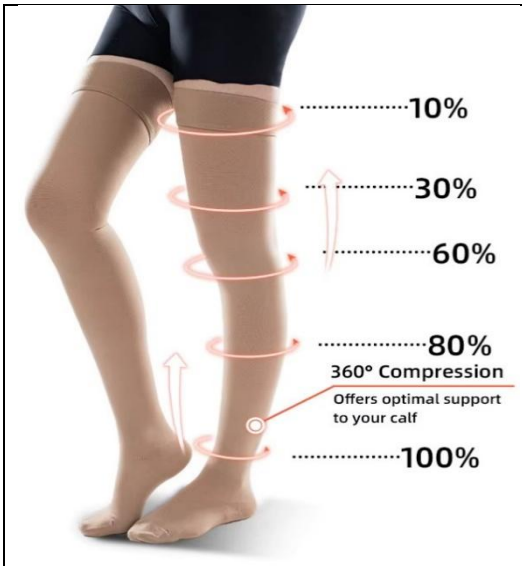
Bu tamoyil bosimning yuqoriga qarab kamayishi qon tomirlarda qon oqimini yaxshilashga yordam beradi va oyoq-qo‘llarning uch qisimlarida qon to‘planishining oldini oladi. Kundalik hayotda kompression trikotaj mahsulotlardan erkaklar va ayollar ham foydalanishlari mumkin, golfi yoki chulkilardan foydalanish faqat ayollar uchun degan tushuncha noto‘g’ri. Erkaklar va ayollar kompression trikotajining asosiy farqi ularning anatomik xususiyatlarida namoyon bo‘ladi. Ayollar kompression trikotaji ayollar tanasining shaklini, xususan son va bel sohasidagi egriliklarni hisobga oladi. Ayollar uchun mo‘ljallangan kompression paypoqlar yaxshiroq o‘rnashish va qulaylik uchun kengaytirilgan yuqori qismga ega. Erkaklar uchun kompression trikotaj esa son va bel sohasida kamroq ifodalangan egriliklarga ega bo‘lib, bu uni erkaklar uchun qulay qiladi [17]. Kompression trikotaj mahsulotlarning turlari muammoning joylashuvi va faollik darajasiga bog‘liq bo‘ladi, shuni xisobga olgan holda hozirgi kunda kompression trikotaj mahsulotlar assortimenti tibbiyot, sport, moda sohalarida keng foydalanib kelinmoqda, bu mahsulotlarning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lib, quyida ularning ommabob mahsulot turlari haqida ma’lumotlar keltirilgan[16] (1-jadval).

Kompression trikotaji venoz kasalliklar (varikoz), oyoq venalarida tromboz yoki har qanday kelib chiqishi bo'lgan limfa oqimining buzilishi bilan og'rigan bemorlar uchun tavsiya etiladi [18]. Mahsulotni uning maqsadiga mos ravishda tanlash kerak. Bunday trikotajning bir nechta turlari mavjud bo'lib, ularning har biri o'ziga xos funktsiyani bajaradi:

1-jadval

Kompression kiyimlar inson tanasining holatiga qarab tasniflanishi

Tana qisimlari		Joylashuvi
Qo‘l qismi	Bilak	
	Tirsak	
	Yelka	
Oyoq qismi	To‘piq	
	Tizza	
	Son	
Boshqa qism	Qorin (xomiladorlar uchun)	
	Bel/umurtqa	



(3-rasm) Kompression paypoqlarda bosim darajasining taqsilanishi.

Kompression paypoqlar uchun bosim darajasining taqsimlanishi

Kompression golfi va paypoqlarda oyoq yuzasidagi bosim bir tekis taqsimlanmaydi: eng kuchli bosim to‘piq sohasida yuzaga keladi. So‘ngra oyoq bo‘ylab sonlarga tomon borgan sari u asta-sekin pasayib boradi (3-rasm).

Joylashuv	Bosim %
To‘piq	100%
Boldir	70–80%
Tizza	50–60%
Son	20–30%

Agar oyoqning to‘piq qismidagi bosim darajasi 30 mm simob ustuniga teng bo‘lsa, bosimming taqsimlanish darajasi taxminan quyidagicha bo‘ladi:

Boldir: ~21–24 mm simob ustuni
Tizza: ~15–18 mm simob ustuni
Son: ~6–9 mm simob ustuni

1.Profilaktik paypoq – venoz kasalliklarning rivojlanishining oldini olishga yordam beradi. Ko'p o'tiradigan yoki aksincha, ko'p turishga majbur bo'lgan odamlar, shuningdek, homilador ayollar uchun tavsiya etiladi.

2.Davolovchi paypoq – aniq patologiyalarni davolash uchun ishlatiladi.

3.Reanimatsion paypoq – tug'ish yoki operatsiyalar paytida trombozning oldini olish uchun kiyiladi.

4.Yaraga qarshi paypoq – yiringli yaralarni davolashda qo'llaniladi.

Kompressiya darajalari: Tibbiyotda trikotaj paypoqlari turli bosim kuchiga ega bo'lgan bir nechta kompressiya klasslari mavjud [17]. Kompressiya darajasi to'piqda qo'llaniladigan bosim kuchini belgilaydi va bu bosim millimetr simob ustuni (mmHg) bilan o'lchanadi va 4 ta kompressiya darajasiga taqsimlanadi: (2-jadval).

1. Birinchi daraja – varikozning boshlang'ich bosqichida, venalarning ozgina kengayishi va venoz yetishmovchilikning dastlabki belgilarida qo'llaniladi. Og'riq, xolsizlik, vaqt-vaqti bilan uvushish va shish, kapillyar tomirlar paydo bo'lishi orqali buni aniqlash mumkin. Bunday mahsulotlarni profilaktika maqsadida foydalanish mumkin.

2. Ikkinchi daraja – kengaygan venalarni toraytirish va mustahkamlash, muskullarda suyuqlikning to'planishining oldini olish uchun ishlatiladi. Faqat shifokor ko'rsatmasi bilan qo'llash mumkin.

3. Uchinchi daraja – bunday mahsulot qon tomirlarga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Surunkali og'ir venoz yetishmovchilik, doimiy shish, qon tomir operatsiyasidan oldin va keyin qo‘llaniladi.

4. To'rtinchi daraja – fil (slon) kasalligi, chuqur venalar trombozi va limfa oqimining buzilishlarini davolash uchun ishlatiladi. Faqat shifokor tomondan tavsiya etishi mumkin.[18]

(2-jadval)

Kompressiya darajalari

Kompressiya klassi - oyoqning to‘piq qismidagi bosim darajasiga aytiladi, klass kattalashgani sari bosim ham oshib boradi.		
0 klass (*Profilaktik*)	**I klass**	**II klass**
18 mmHg kam bo‘lgan	**18 - 21 mmHg**	**23 - 32 mmHg**
Oyoqlarda og‘irlik va charchoq, oz miqdorda shish paydo bo‘lganda. Venalar kasalliklariga moyilligi bo‘lgan odamlar, ko‘p o‘tirish yoki tik oyoqda ishlash, ortiqcha vazn, oyoqlarda og‘irlik hissi bo‘lganlar uchun mos keladi.	*Varikozning dastlabki belgilari paytida, oyoqlarda qisqarish va shishga moyillik bo‘lganda, homiladorlik davrida;*	*Varikozda, operatsiyalardan keyingi kompleks terapiyada, trombozning oldini olish uchun.*
III klass	**IV klass**	**Reanimatsion**
34 - 46 mmHg	**49 < mmHg**	**18, 23 va 35 mmHg**
Trofik buzilishlar va limfa shishlari bo‘lgan varikozda, qon tomirlar trombozida, venalar bo‘yicha operatsiyalardan keyin.	*Buyurtma asosida tayyorlanadi va tug‘ma kasalliklar, og‘ir va murakkab venalar kasalliklari, limfedemada tavsiya etiladi.*	*Homiladorlik va tug‘ish davrida, shuningdek, operatsiyalardan oldin, davomida va keyin trombozning oldini olish uchun.*

Odatda kompression trikotaj mahsulotlari (elastik bintlar, paypoqlar, qo‘l yenglari boshqalar) dunyo miqyosida, jumladan Osiyo mamlakatlarida ham tibbiy standartlar asosida ishlab chiqariladi. Lekin, har bir mintaqada o‘ziga xos tartiblar va qoidalarga amal qilinadi (3-jadval). Kompression trikotaj mahsulotlar o‘z vazifasini bajarishi va yordam berishi uchun, oyoq va bo‘y o‘lchamlariga mos kelishi lozim. Kompression trikotaj paypoq yoki golfilardan foydalanish uchun oyoqning aniq o‘lchovlarini olish zarur. Bu kiyimni qulay tarzda kiyish va undan maksimal darajada samarali foydalanishni ta’minlashga yordam beradi. O‘lchamlarni quyidagicha olish mumkin: (4-jadval)

(3-jadval)

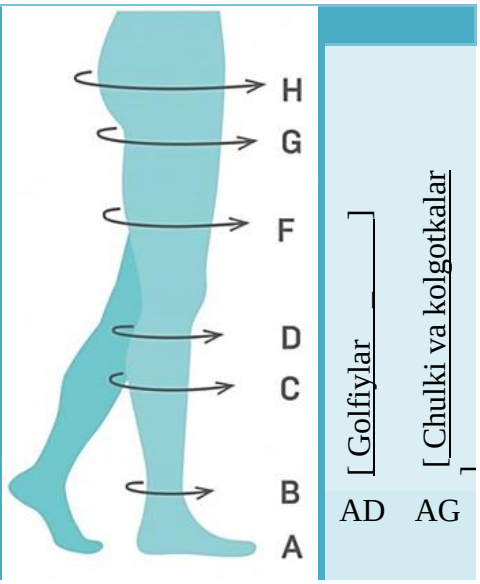
Kompression mahsulotlari uchun mavjud davlat standartlari

Standart	0 klass mmHg	1 klass mmHg	2 klass mmHg	3 klass mmHg	4 klass mmHg
Rossiya ГОСТ Р 58236-2020	Dan kichik<18	18-21	22-32	33-46	47< katta
Britaniya BS 6612:1985	-	14-17	18-24	25-35	-
Germaniya (DIN 58133)	-	18-21	23-32	34-46	49< katta
Fransiya AFNOR NF G 30-102	-	10-15	15-20	20-36	36< katta
Yevropa ittifoqi EN ISO 13485	-	15-21	23-32	34-46	49< katta
Amerika ASTM D3578	-	15-20	20-30	30-40	-

(4-jadval)

Kompression paypoq mahsulotlarni tanlash uchun oyoqning o‘lchamlari

	1	2		
Bo‘y (sm)	152-170	170-182	AD,AG balandlik B,C,D,F,G,H–aylana (sm)	
AD	38-44	45-50		
AG	65-73	74-82		
O‘lcham	**S** (2)	**M** (3)	**L** (4)	**XL** (5)
B	20-22	22-25	25-28	28-31
C	30-38	33-42	37-46	42-51
D	28-35	31-40	35-44	40-49
F	41-48	44-53	48-57	53-62
G	44-54	48-60	54-66	60-72
H	<100	95-110	105-120	115-125



Kompression trikotaj mahsulotlar o‘z vazifasini bajarishi va yordam berishi uchun, oyoq va bo‘y o‘lchamlariga mos kelishi lozim. Kompression trikotaj paypoq yoki golfilardan foydalanish uchun oyoqning aniq o‘lchovlarini olish zarur. Bu kiyimni qulay tarzda kiyish va undan maksimal darajada samarali foydalanishni ta’minlashga yordam beradi. O‘lchamlarni quyidagicha olish mumkin: (4-jadval)

- Boldirning eng ingichka joyidagi aylanasi: to‘piq ustidan o‘lchanadi.(B)
- Boldirning eng keng joyidagi aylanasi: odatda boldirning o‘rtasi hisoblanadi.(C)
- Tizza aylanasi: tizzadan pastroq qismi o‘lchanadi.(D)
- Son aylanasi: tizza qopqog‘idan 10 sm yuqorida o‘lchanadi.(F)
- Golfiylar uchun uzunligi: tovondan tizzagacha. (AD)
- Chulki va kolgotkalar uchun: tovondan bel qismigacha (AG)(AH)

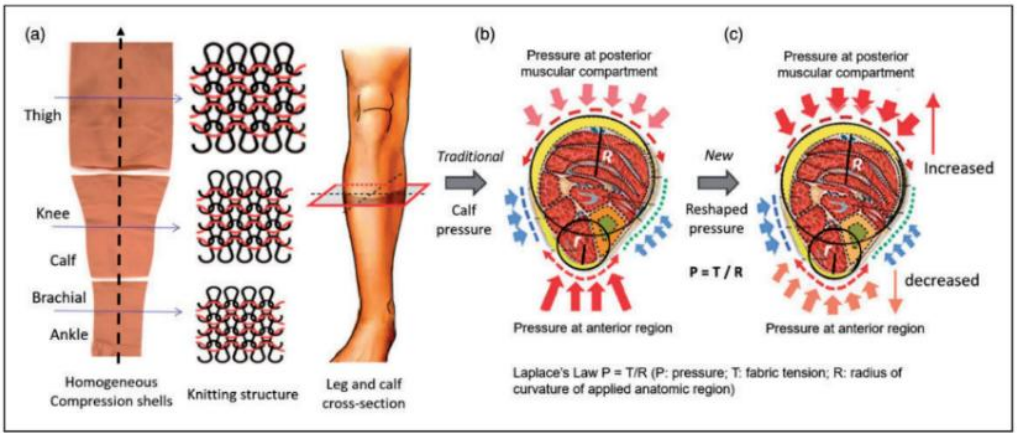
O‘lchovlarni ertalab, oyoq hali shishmagan paytda olgan ma’qul, chunki kun davomida, ayniqsa uzoq vaqt tik turganda yoki o‘tirganda, oyoqlar shishishi va o‘lchovlar noaniq bo‘lishi mumkin. Ertalab uyqudan so‘ng shish minimal darajada bo‘ladi, bu esa eng aniq o‘lchovlarni olish imkonini beradi. Kompression kiyimning to‘g‘ri tanlangan o‘lchami shunchaki qulaylik emas, balki vena kasalliklarini samarali davolash va oldini olishning kafolatidir. Haddan tashqari tor kiyim qon aylanishining buzilishiga olib kelishi mumkin, juda erkin kiyim esa zarur davolash ta’sirini ta’minlamaydi. Kompression kiyim kiyishga qulay bo‘lishi lozim. To‘g‘ri tanlangan o‘lcham terining qizarib ketishi, noqulaylik va boshqa yoqimsiz his-tuyg‘ular xavfini kamaytiradi. Kompression kiyim ishlab chiqaruvchilari tomonidan taqdim etiladigan o‘lcham jadvallari har bir mahsulotning o‘ziga xos "pasporti" hisoblanadi. Ular optimal o‘lchamni tanlash uchun zarur bo‘lgan aniq o‘lchovlarni ko‘rsatadi. Kompression paypoqlari alohida parvarishni talab qiladi, bu haqda ishlab chiqaruvchi har doim qadoqda belgilab qo‘yadi. Ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga to‘g‘ri rioya qilish uning xususiyatlarini saqlab qolishga va xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi. Masalan: Effect of wearing and washing temperature on the performance of compression socks maqolasida kompression paypoqlarning bosim qiymatlariga ularni uzoq vaqt kiyish va turli haroratlarda yuvishning ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotda 3 xil poliamid elastan aralashmasidan tayyorlangan 9 ta kompression paypoq namunalari ishlatilgan. Ushbu paypoqlar 15 kun davomida kiyilib, 5 marta yuvilgan va bosim qiymatlari MST Professional II tibbiy paypoq testeri yordamida o'lchangan. Olingan natijalarga ko‘ra shuni ko‘rsatganki, foydalanish jarayonida uzoq vaqt kiyilgan paypoqlarning bosim qiymatlari biroz kamaygan (23.7 mmHg dan 23.43 mmHg gacha).

Yuvish jarayonda esa haroratini oshgani sayin bosim qiymatlari ortgan 50°C haroratda eng yuqori bosim o'sishi kuzatilgan (bosim 33.8 mmHg dan 38 mmHg gacha oshgan). Tanlangan namunalar ichida eng yuqori bosim o'sishini elastin tarkibli namuna ko'rsatgan. Barcha paypoqlarning gradatsiya qiymatlari standart doirada (50–80%) saqlanib qolgan. O‘tkazilgan tajribaga asoslanib yuqori haroratda 50°C yuvish paypoqlarning bosimini oshiradi, lekin paypoq materialiga zarar yetkazishi mumkin. 40°C optimal harorat hisoblanadi, tarkibida elastan nisbati yuqori bo'lgan paypoqlar yuvishdan keyin ko'proq bosim o'sishini ko'rsatadi. Ko'p marta kiyish va yuvish paypoqlarning xizmat qilish muddatini baholashda muhim omil hisoblanadi. Ishlab chiqaruvchilar materiallar va yuvish rejimlarini optimallashtirish orqali paypoqlarning uzoq muddatli samaradorligini oshirish mumkin, foydalanuvchilar esa paypoqlarni to'g'ri yuvish va parvarish qilish ularning bosim xususiyatlarini saqlab qolishga yordam beradi [19].

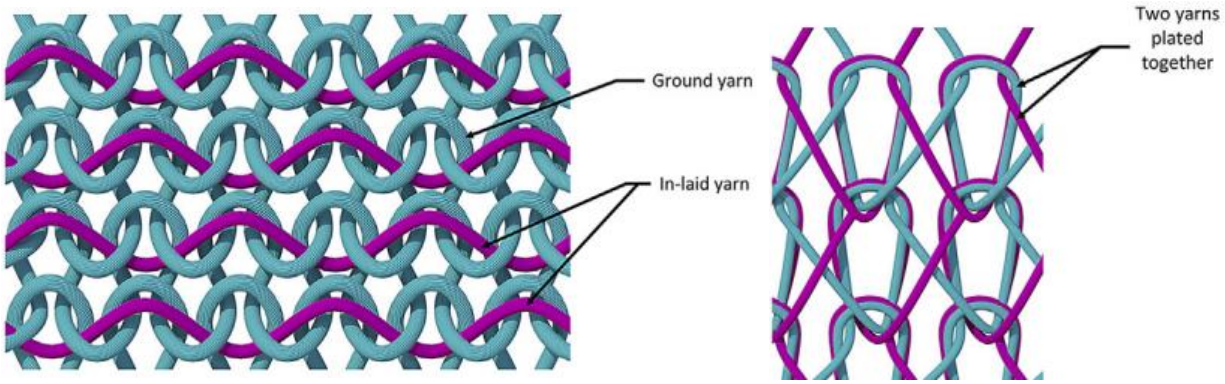
Natija va xulosalar

An'anaviy kompression paypoqlar bir xil to‘qima tuzulishda bo‘lib foydalanish jarayonida oyoq geometrik shakli sababli bosimning notekis taqsimlanishiga olib keladi, bu esa nojo'ya ta'sirlarni va noqulaylik hissini keltirib chiqaradi. Qo‘shimcha to‘qima sifatida maxsusu tarkibli gibrit to‘qimalardan foydalanib oyoqninig maxsus joylariga mos ravishda kompression paypoq to‘qilgan (4-rasm). Natijalar in vivo va in vitro ko‘rsatkichlar yordamida baholangan. Tajriba shuni ko‘rsattiki in vivo ko‘rsatkichlarda bosim taqsimlanishi bir meyorda bo‘lib ko‘zlangan natijaga erishilgan, in vitro ko‘rsatkich yani yog’och modelda ushbu ko‘rsatkichlar aksincha nojo‘ya ta’sir ko‘rsatgan. Buni hisobga olgan holda, ilg'or uch o'lchovli choksiz to'qish texnologiyasi va noyob konstruktiv dizayndan foydalangan holda gibrid elastik xususiyatlarga ega yangi geterogen siqish paypoqlari foydalanishda odatiy to‘qima turiga ega kompressin paypoqlarga nisbatan samarasini oshiradi.

Agar kompression trikotaj paypoqlarining tarkibini to‘qima va trikotaj tuzulmalarining kombinatsiyasidan iborat yangi turdagi to‘qilgan mato taqdim etsak, ular kompression trikotaj paypoqlarining yaxshiroq bosimni nazorat qilish imkoniyatini beradi (5-rasm).



4-rasm. Gibrit tarkibli trikotaj to‘qimalari.



5-rasm: Maxsus tarkibli gibrit to‘qimalar.

Buning uchun trikotaj to‘qimalar tarkibiga to‘qima usulidagi qo‘shimcha to‘ldiruvchi iplarni integratsiyalash usuli qo‘llsak, aralash tuzilma to‘qimalarning funksional xususiyatlarini yaxshilanadi. Asosiy qismi naylon–spandeks (nylon–spandex) aralashmasidan tayyorlanadi. Quyidagi asosiy trikotaj tuzilmalari: single jersey, single pique, 1 × 1 mock rib va 2 × 2 mock rib, ular qo‘shimcha to‘ldiruvchi iplarsiz hamda ular bilan birga ishlangan. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, single jersey, single pique, 1 × 1 mock rib va 2 × 2 mock rib tarkibli kompression paypoqlar eng yuqori ijobiy natijalarni olish mumkin [20].

Reference

1.https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-compression-garments-stockings-t?srsltid=AfmBOorAdYvFn3f2gXJOvht5GnLOTwm5xXkg 33PBKjdCDaREVqhjizA
2.https://www.cognitivemarketresearch.com/medical-compression-garments-market-report?srsltid=AfmBOooqQ4OY0B13_D1TnSaOSE4T1MtpjxiCNB2EH-uBDRxpPC6Kdsa-
3.https://www.futuremarketreport.com/ru/industry-report/compression-garments-market
4.https://textileexpo.uz/uz/yangiliklar/toqimachilik-sanoatini-rivojlantirish-boyicha-chora-tadbirlar-muhokama-qilindi
5.O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 10-yanvardagi PF-2-sonli Farmoni — “Paxta-to‘qimachilik klasterlari faoliyatini qo‘llab-quvvatlash, to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini tubdan isloh qilish hamda sohaning eksport salohiyatini yanada oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
6.O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 16.01.2025 yildagi PF-6-son Farmoni, To‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida qayta ishlash zanjirini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida.
7.Rabe, E., et al. (2018) Indications for Medical Compression Stockings in Venous and Lymphatic Disorders: An Evidence-Based Consensus Statement. Phlebology, 33, 163-184. https://doi.org/10.1177/0268355516689631
8.Perrey, S. Compression Garments: Evidence for their Physiological Effect. Eng. Sports 2008, 2, 319–328.
9.Daniel Rabe, Hugo Partsch, Gerhard Heidl, Mirko Hirschl, Michael Kundi, Eberhard RabeFel izitas Pannier, Compression treatment in acute symptomatic proximal deep venous thrombosis – Results of a worldwide survey https://doi.org/10.1177/02683555211003 522-534-p.
10.Daniel Rabe, Hugo Partsch, Gerhard Heidl, Mirko Hirschl, Michael Kundi, Eberhard RabeF elizitas Pannier, Compression treatment in acute symptomatic proximal deep venous thrombosis – Results of a worldwide survey https://doi.org/10.1177/02683555211003 522-534-p.
11. Troynikov, O.; Ashayeri, E. 3D body scanning method for close-fitting garments in sport and medical applications. In HFESA 47th Annual Conference; Ergonomics Australia—Special Edition; Crows: Crows Nest, Australia, 2011; pp. 1–6.
12.Sau-Fun, N.; Chi-Leung, H.; Lai-Fan,W. Development of medical garments and apparel for the elderly and the disabled. Text. Prog. 2011, 43, 247–252.
13.https://baldinelli.ua/ua/articles/kompresijnyj-trykotazh-koryst-vydy-jak-vybraty
14.Saggers, M. Inflatable Garment for Intermittent Compression Therapy. U.S. Patent No. US4722332A, 2 February 2021.
15.Senthilkumar, M.; Anbumani, N.; Hayavadana, J. Elastane Fabrics—A Tool for Stretch Application in Sports. Indian J. Fibre Text. Res. 2011, 36, 300–307.
16.Trenell, M.I.; Rooney, K.B.; Sue, C.M.; Thomspon, C.H. Compression Garments and Recovery from Eccentric Exercise: A P-MRS Study. J. Sports Sci. Med. 2006, 5, 106–114. [PubMed]
17.Morrison, T. American Classification of Compression Stockings. Available online:https://www.tagungsmanagement.org/icc/images/stories/PDF/morrison_american_classification.pdf (accessed on 22 May 2024).

18. https://baldinelli.ua/ua/articles/kompresijnyj-trykotazh-koryst-vydy-jak-vybraty

19.Effect of wearing and washing temperature on the performance of compression socks DOI: 10.35530/IT.073.05.202194 ENGIN AKÇAGÜN Industria Textila jurnali, 2022 yil, 73-jild, 5-son 544-553-b.

20.Duffield, R.; Portus, M. Comparison of Three Types of Full-body Compression Garments on Throwing and Repeat-sprint Performance in Cricket Players. Br. J. Sports Med. 2007, 41, 409–414.

UO‘K:677.017.5:536.46.004.12

TRIKOTAJ MATOLARINING KO‘P DAVRLI CHO‘ZILISH DEFORMATSIYASINI ANIQLASHDA PULSATOR QURILMASINING TEXNIK IMKONIYATLARINI BAHOLASH

M.F. Axmedova, D.H. Ubaydullayeva, G.Q. Norboyayeva, F.F. Umirov
Tashkent institute of textile and light industry

Annotatsiya. *Mazkur maqolada trikotaj matolarining ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlash uchun ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining texnik imkoniyatlari baholangan. Zamonaviy sinov uskunalarining funksional imkoniyatlari tahlil qilinib, ularning trikotaj matolarni uzoq muddatli takrorlanuvchi kuch ta’sirida sinashdagi mavjud cheklovlari ko‘rsatib berilgan. Ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyani aniqlash uchun ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining konstruktiv tuzilishi, avtomatik boshqaruv tizimi va ishlash prinsipi yoritilgan. Qurilma yordamida dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi hamda cho‘zilish amplitudasini mustaqil boshqarish va sinov jarayonini real vaqt rejimida kuzatish imkoniyati yaratilgan. Tadqiqot davomida qurilmaning texnik tavsiflari, o‘lchash aniqligi va takrorlanuvchanlik ko‘rsatkichlari baholandi. Natijalar ishlab chiqilgan qurilma ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini baholashda yuqori aniqlikni ta’minlashini hamda laboratoriya sharoitlarini trikotaj matolarning haqiqiy ekspluatatsiya sharoitlariga yaqinlashtirish imkonini berishini ko‘rsatdi. Taklif etilgan qurilma ilmiy tadqiqotlar va ishlab chiqarish laboratoriyalarida trikotaj matolarning deformatsion xossalarini baholashda qo‘llanishi mumkin..*

Kalit so‘zlar*: trikotaj mato, ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasi, pulsator qurilmasi, dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi, cho‘zilish amplitudasi, Hall sensori, mikroprotsessor, deformatsion xossalar, sinov usuli.*

Аннотация. *В статье проведена оценка технических возможностей разработанного пульсатора для определения многоцикловой деформации растяжения трикотажных полотен. Выполнен анализ функциональных возможностей современных испытательных установок и выявлены их ограничения при моделировании длительных циклических нагрузок. Представлены конструкция, принцип работы и система автоматического управления разработанного устройства. Пульсатор обеспечивает независимое регулирование начальной силы, частоты нагружения и амплитуды растяжения с автоматической регистрацией результатов испытаний. Исследованы технические характеристики устройства, точность измерений и воспроизводимость результатов. Полученные данные подтверждают возможность применения разработанного пульсатора для объективной оценки деформационных свойств трикотажных полотен в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации.*

Ключевые слова: *трикотажное полотно, многоцикловая деформация растяжения, пульсатор, начальная сила, частота нагружения, амплитуда растяжения, датчик Холла, микропроцессор, деформационные свойства, метод испытаний.*

Abstract*. This paper evaluates the technical capabilities of a newly developed pulsator designed to determine the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics. The functional*

characteristics of existing testing equipment are analyzed, and their limitations in simulating long-term cyclic loading are identified. The design, operating principle and automatic control system of the proposed pulsator are presented. The device enables independent control of the initial force, loading frequency and elongation amplitude while automatically recording test data in real time. The technical specifications, measurement accuracy and repeatability of the device were experimentally evaluated. The results demonstrate that the developed pulsator provides reliable and reproducible measurements of multi-cycle tensile deformation and allows laboratory testing conditions to closely simulate the actual service conditions of knitted fabrics. The proposed device can be effectively used in scientific research and industrial laboratories to evaluate the deformation properties of knitted fabrics.

Key words: *knitted fabric, multi-cycle tensile deformation, pulsator, initial force, loading frequency, elongation amplitude, Hall sensor, microprocessor, deformation properties, testing method.*

Kirish. To‘qimachilik sanoatida ishlab chiqarilayotgan trikotaj matolarga qo‘yiladigan talablar yildan-yilga ortib bormoqda. Zamonaviy kiyim-kechak mahsulotlari nafaqat estetik ko‘rinishi, balki uzoq muddat davomida o‘zining geometrik o‘lchamlari va ekspluatatsion xossalarini saqlab qolishi bilan ham ajralib turishi lozim. Ayniqsa, sport kiyimlari, tibbiy buyumlar, maxsus kiyimlar hamda bolalar kiyimlari ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan trikotaj matolar takrorlanuvchi mexanik ta’sirlar ostida ishlashi sababli ularning ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini ishonchli baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi [1–5]. Trikotaj matolarning halqali tuzilishi ularga yuqori elastiklik va egiluvchanlik beradi. Shu bilan birga, aynan ushbu tuzilish ko‘p martalab takrorlanuvchi cho‘zilish ta’sirida deformatsion xossalarning o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Ekspluatatsiya davomida mato halqalari deformatsiyalanadi, ichki kuchlanishlar qayta taqsimlanadi, ip bo‘laklari o‘zaro siljiydi va ma’lum miqdorda qoldiq deformatsiya hosil bo‘ladi. Ushbu jarayonlar mahsulotning shakl barqarorligi, xizmat muddati va iste’mol xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Mavjud standart sinov usullari, jumladan ISO 13934-1 va ISO 20932-1, asosan bir martalik yoki qisqa muddatli deformatsiya jarayonlarini baholashga mo‘ljallangan. Bunday sinovlar trikotaj matolarning uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida yuzaga keladigan ko‘p davrli deformatsion jarayonlarini to‘liq aks ettira olmaydi. Natijada laboratoriya sinovlari natijalari bilan haqiqiy foydalanish sharoitida kuzatiladigan deformatsiya ko‘rsatkichlari o‘rtasida tafovut yuzaga keladi. So‘nggi yillarda xorijiy tadqiqotchilar tomonidan universal sinov mashinalari asosida matolarning deformatsion xossalarini o‘rganish bo‘yicha qator ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Biroq ushbu qurilmalarning aksariyatida dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi va cho‘zilish amplitudasini mustaqil boshqarish hamda millionlab yuklanish davrlarini avtomatik ravishda amalga oshirish imkoniyati cheklangan. Shu sababli ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini baholash uchun maxsus texnik yechimlarni ishlab chiqish zarurati yuzaga kelmoqda[1–5]. Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotda ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining texnik imkoniyatlarini baholash, uning konstruktiv yechimi, boshqaruv tizimi, o‘lchash aniqligi va ko‘p davrli sinovlarni amalga oshirishdagi afzalliklarini aniqlash asosiy ilmiy vazifa sifatida belgilandi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqilgan qurilmaning trikotaj matolarning ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini baholashda qo‘llash imkoniyatlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

Mavjud sinov qurilmalarining qiyosiy tahlili. Trikotaj matolarining deformatsion xossalarini baholashda universal sinov mashinalari keng qo‘llanilishiga qaramay, ularning aksariyati bir martalik yoki qisqa muddatli cho‘zilish sinovlarini bajarishga mo‘ljallangan. Bunday qurilmalarda maksimal kuch, uzilishdagi cho‘zilish va elastiklik ko‘rsatkichlarini aniqlash mumkin bo‘lsa-da, trikotaj matolarning ekspluatatsiya davomida uchraydigan ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini real sharoitlarga yaqinlashtirib baholash imkoniyati cheklangan. Sinov mashinalarida kuch berish jarayoni, odatda, uzluksiz yoki bir martalik yuklanish rejimida amalga

oshiriladi. Bunda dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi va cho‘zilish amplitudasini mustaqil boshqarish imkoniyati mavjud bo‘lsa ham, uzoq muddatli takrorlanuvchi yuklanishlarda avtomatik boshqaruv va uzluksiz monitoring funksiyalari yetarli darajada amalga oshirilmaydi. Natijada ekspluatatsiya jarayonida yuzaga keladigan qoldiq deformatsiyaning rivojlanish qonuniyatlarini aniqlash murakkablashadi [6,7]. Shuningdek, mavjud qurilmalarning ko‘pchiligida sinov natijalarini real vaqt rejimida qayd etish, millionlab yuklanish davrlarini uzluksiz bajarish hamda deformatsiya ko‘rsatkichlarini avtomatik tahlil qilish imkoniyatlari cheklangan. Bu esa ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini baholash aniqligiga salbiy ta'sir ko‘rsatadi. Mazkur kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlash uchun maxsus pulsator qurilmasi ishlab chiqildi. Qurilmaning konstruktiv yechimi sinov ko‘rsatkichlarini mustaqil boshqarish, o‘lchash aniqligini oshirish va natijalarni avtomatik qayd etishga qaratilgan.

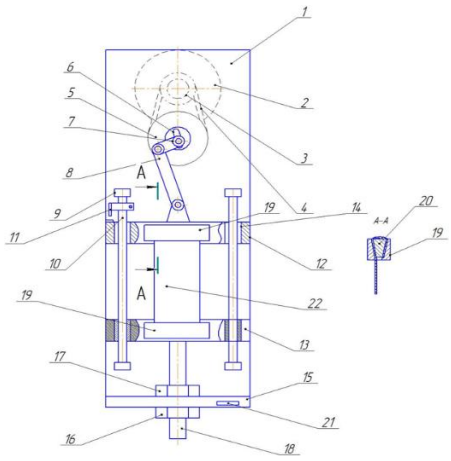
Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida paxta va paxta-elastan iplaridan ishlab chiqarilgan kulir va ikki qavatli trikotaj matolar tanlandi. Sinov namunalari amaldagi standartlar talablari asosida tayyorlandi. Namunalarning ishchi qismi uzunligi 100±1 mm, eni 50±0,5 mm qilib belgilandi. Eksperimental tadqiqotlar ishlab chiqilgan ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlovchi pulsator qurilmasi yordamida amalga oshirildi. Qurilma mikroprotsessorli boshqaruv tizimiga ega bo‘lib, unda sinov ko‘rsatkichlari dasturiy ravishda kiritiladi va avtomatik ravishda boshqariladi [8, 9].

Sinovlarda quyidagi ko‘rsatkichlar o‘zgartirildi:

- dastlabki kuch – 10–50 N;
- kuchlanish chastotasi – 3,3–5,0 Hz;
- cho‘zilish amplitudasi – 5–50 mm.

Har bir tajriba uch marotaba takrorlandi va olingan natijalarning o‘rtacha qiymatlari hisoblab chiqildi. Natijalarga matematik-statistik ishlov berishda regressiya va dispersiya tahlili usullaridan foydalanildi.

Pulsator qurilmasining konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsipi. Ishlab chiqilgan pulsator qurilmasi trikotaj matolarning ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini avtomatik ravishda aniqlashga mo‘ljallangan. Qurilma mexanik, elektron va dasturiy boshqaruv qismlaridan tashkil topgan yagona tizim sifatida ishlaydi.



1-rasm. Qurilmaning chizma sxemasi

1-Asosiy qism; 2- elektrdvigatel; 3,5 – shkivlar; 4- klinli tasma; 6-disk; 7,8- krivoship; 9-tayanch; 10-yo‘riqnoma; 11- Hall datchigi; 12,13-qisqichlar; 14- chiziqli podshipnik; 15-slayder; 16,17- gaykalar; 18- vint; 19-klinli qisqichlar; 20-mahkamlagich; 21- datchik; 22-mato namunasi.

Qurilmaning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:

- harakatlanuvchi qisqich;
- qo‘zg‘atuvchi mexanizm;

- Hall sensori;
- kuch datchigi;
- mikroprotsessorli boshqaruv bloki;
- elektr yuritma;
- boshqaruv paneli.

Sinov boshlanishidan oldin namuna qisqichlarga mahkamlanadi va dastur orqali dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi hamda cho‘zilish amplitudasi qiymatlari kiritiladi. Mikroprotsessor elektr yuritma ishini boshqarib, harakatlanuvchi qisqichni belgilangan amplitudada davriy harakatlantiradi.Har bir yuklanish davrida Hall sensori harakat parametrlarini, kuch datchigi esa namuna holatidagi kuch qiymatlarini uzluksiz qayd etadi. Olingan ma'lumotlar mikroprotsessor tomonidan qayta ishlanib, kompyuter xotirasiga uzatiladi. Shu tariqa deformatsiya jarayoni real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Mazkur avtomatik boshqaruv tizimi operator ishtirokini minimal darajaga tushiradi, inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi va sinov natijalarining takrorlanuvchanligini oshiradi [8, 9].



2-rasm. Trikotaj matolar uchun ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyani aniqlash qurilmasi

1-jadval

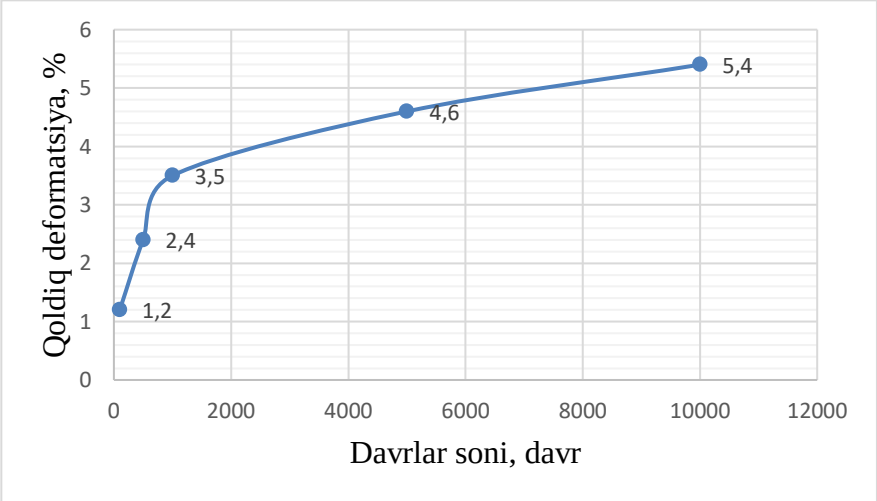
Pulsator qurilmasining asosiy texnik tavsiflari

Ko‘rsatkich	**Qiymati**
Dastlabki kuch diapazoni	10–50 N
Kuchlanish chastotasi	3,3–5,0 Hz
Cho‘zilish amplitudasi	5–50 mm
Maksimal davrlar soni	10^7 gacha
Namuna ishchi uzunligi	100±1 mm
Namuna eni	50±0,5 mm
Namuna qalinligi	0,5–5 mm
Boshqaruv tizimi	Mikroprotsessorli
Harakat nazorati	Hall sensori
Ma'lumotlarni qayd etish	Avtomatik

Qurilmaning texnik imkoniyatlarini dastlabki baholash. 1-jadval ma'lumotlaridan ko‘rinadiki, ishlab chiqilgan pulsator qurilmasi ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini baholash uchun zarur bo‘lgan asosiy sinov ko‘rsatkichlarini keng diapazonda boshqarish imkoniyatiga ega. Ayniqsa, dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi va cho‘zilish amplitudasining mustaqil ravishda

boshqarilishi turli ekspluatatsiya sharoitlarini laboratoriya sharoitida modellashtirish imkonini beradi. Qurilmada 10^7 davrgacha uzluksiz sinov o'tkazish imkoniyatining mavjudligi uni an'anaviy bir martalik cho‘zilish sinov qurilmalaridan ajratib turadi. Bu ko‘rsatkich trikotaj matolarda uzoq muddatli foydalanish davomida yuzaga keladigan deformatsion jarayonlarni tadqiq etishda muhim afzallik hisoblanadi.

Hall sensori asosida harakat parametrlarining uzluksiz nazorat qilinishi va mikroprotsessor yordamida ma'lumotlarning avtomatik qayta ishlanishi sinov aniqligini oshiradi. Shu bilan birga, avtomatik boshqaruv tizimi har bir yuklanish davrining belgilangan qiymatlarga mos ravishda takrorlanishini ta'minlaydi. Bu esa eksperimental natijalarning takrorlanuvchanligi, ishonchliligi va metrologik barqarorligini oshiradi. Mazkur texnik imkoniyatlar ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlashda ilmiy tadqiqotlar hamda ishlab chiqarish laboratoriyalarida qo‘llash uchun istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.



3-rasm. Ko'p davrli sinov davomida qoldiq deformatsiyaning o'zgarishi

Grafik natijalari shuni ko'rsatadiki, dastlabki davrlarda qoldiq deformatsiya tez ortadi. Keyinchalik o'sish sur'ati sekinlashadi va deformatsiya barqarorlashish bosqichiga o'tadi. Ushbu holat trikotaj matoning viskoelastik tabiati bilan izohlanadi. Dastlab halqa elementlarining geometrik qayta joylashishi sodir bo'ladi, keyingi bosqichlarda esa ichki kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi natijasida deformatsiya ortish sur'ati kamayadi.

Tajriba natijalarini tahlili. Olingan natijalar ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlashda yuqori funksional imkoniyatlarga ega ekanligini tasdiqladi. Universal sinov mashinalari asosan statik yoki qisqa muddatli yuklanishlarni bajarishga mo‘ljallangan bo‘lsa, ishlab chiqilgan qurilma uzoq muddatli davriy yuklanishlarni barqaror rejimda hosil qiladi [10-11]. Qurilmada dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi va cho‘zilish amplitudasining mustaqil boshqarilishi sinov sharoitlarini turli ekspluatatsiya rejimlariga moslashtirish imkonini berdi. Natijada trikotaj matolarning xizmat jarayonida yuzaga keladigan deformatsion holati laboratoriya sharoitida ishonchli modellashtirildi. Hall sensori va mikroprotsessorli boshqaruv tizimining qo'llanilishi sinov aniqligini oshirdi. Har bir yuklanish davrining nazorat qilinishi natijasida sinovlar yuqori takrorlanuvchanlik bilan bajarildi. Bu esa eksperimental ma'lumotlarning statistik ishonchliligini ta'minladi. Qurilmaning yana bir muhim afzalligi sinov natijalarining real vaqt rejimida qayd etilishi hisoblanadi. Bu imkoniyat deformatsiyaning rivojlanish dinamikasini kuzatish, kritik davrlarni aniqlash va qoldiq deformatsiyaning yig'ilish qonuniyatlarini tahlil qilish imkonini beradi. Mazkur xususiyat ilmiy tadqiqotlarda regressiya modellarini yaratish va deformatsiya jarayonlarini prognozlash uchun muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, qurilmaning konstruktiv yechimi turli turdagi trikotaj matolarni sinash imkonini beradi. Namuna o'lchamlarini standart talablar asosida tanlash va sinov ko'rsatkichlarini dasturiy boshqarish natijalarning taqqoslanuvchanligini oshiradi. Shu sababli

ishlab chiqilgan qurilma ilmiy laboratoriyalar bilan bir qatorda ishlab chiqarish korxonalarining sifat nazorati laboratoriyalarida ham qo'llanishi mumkin.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda trikotaj matolarining ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasini aniqlash uchun ishlab chiqilgan pulsator qurilmasining texnik imkoniyatlari kompleks ravishda baholandi. Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida qurilmaning dastlabki kuch, kuchlanish chastotasi va cho‘zilish amplitudasini mustaqil hamda yuqori aniqlikda boshqarish imkoniyatiga ega ekanligi aniqlandi. Mikroprotsessorli boshqaruv tizimi va Hall sensori asosida sinov jarayonining avtomatlashtirilishi o‘lchash aniqligini oshirib, eksperimental natijalarning takrorlanuvchanligi va ishonchliligini ta'minladi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqilgan pulsator qurilmasi yordamida trikotaj matolarda ko‘p davrli cho‘zilish deformatsiyasining rivojlanish qonuniyatlarini real vaqt rejimida kuzatish, qoldiq deformatsiyaning o‘zgarishini baholash hamda ekspluatatsiya sharoitlariga yaqin sinovlarni amalga oshirish mumkinligini ko‘rsatdi [12-15]. Qurilmaning 10^7 davrgacha uzluksiz sinov o‘tkazish imkoniyati uni mavjud sinov mashinalaridan ajratib turuvchi muhim afzalliklardan biri hisoblanadi.

Reference

1. Shustov Y.S. Osnovi tekstilnogo materialovedeniY. –M.:OOO “Sovyaj Bevo” 2007.
2. D.H.Ubaydullayeva, T.A.Toyirova, D.A Xalmatov, M.T.Yuldasheva, A.V Axmadbekova // Change Efficiency of Cleaning Cotton from Small and Large Pollutions // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 9, 2020.
3. Z.F.Valieva, A.A.Akhmedov, Tolkin Ashurovich Ochilov, Dilora Xamidovna Ubaydullayeva, Sherzod Ahmadjonovich Korabayev // Possibility to Use Acoustic Device Pam-1 to Determine Quality Characteristics of Wool Fiber, Annals of R.S.C.B., 2021pages.
4. Ashurov K, M.Kulmetov, Ubaydullayeva D.X., I.D.Abdulxamidovich, Usanov M.M., // On The Quality Indications of Bed Fabrics Evaluation // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET) 2021.
5. Ubaydullayeva D.Kh., Abdurakhimova M.M., Ishanova Z. Ortikova N Comprehensive evaluation the new fleecy knitted // Development and innovations in science International scientific-online conference. Netherlands. 24-26 pages
6. Hakhadjaeva N., Mukimov M. // Flat knnittin interlock structures. Indian Textile Journal № 1. 14-18 pag. www.indiantextilejournanal.com.
7. D.Kh.Ubaydullayeva, R. A. Begmanov, I. V. Abdurasulov, Z. Djalilova, D.T.Nazarova // Comprehensive Quality Assessment and Forecasting the Properties of Press Weaving Knitting// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 2022/1
8. Axmedova M.F., Trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini ishlab chiqish. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi. Toshkent, 2026.
9. Axmedova M.F., Ubaydullayeva D.X. To'qimachilik materiallarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash pulsator qurilmasi: foydali model. – O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi Intellektual mulk markazi. DGU № 54222, 19.08.2025.
10. D.Ubaydullayeva, Z.Valiyeva R.Begmanov // Primeneniye upravleniye kachestvom produksii tekstilnoy promishlennosti // "Ekonomika i sotsium" // 2022.
11. D.Ubaydullayeva et al. Chng efficiency of cleaning cotton from small and large pollutions //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.-2020.-T.7.-№ 9.-C.14781-14784.
12. D.Ubaydullayva, M.Janiyeva, M.Axmedova, N.Ortikova, S.Rustamova “Ikki qavvatli trikotaj to‘qimasining deformayesiya xususiyatlarini tadqiqi” “Soha korxonalari uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda dual ta’limning o‘rni hamda fan, ta’lim, ishlab chiqarish

klasterlarini rivojlantirishda innovatsion yondashuvlar” xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 1-qism. Toshkent 28-noyabr.2023. 323bet.
13. D.Ubaydullayva, R. Begmanov, M.Axmedova “Sanoat va qishloq xo‘jalik tarmoqlarida ekologiya va mehnat muhofazasi muommalari” Respublika ilmiy amaliy konferensiY. Buxoro. 2023.19-20 oktabr.310 bet.
14. D.Ubaydullayva, Sh.Shumkarova, A.Gafurova, R. Begmanov, M.Axmedova, M.Abdurakimova // Study of the physical properties of footer khnitting// ISSN:1624-1940. DOI 10.6084/m9.figshare.2632574. cahiers magellanes-ns. Volume 06 Issue 2024 http://magellanes.com/
15. D.X.Ubaydullayeva, M.F.Axmedova, N.Ortikova Izucheniye deformatsionnix xarakteristik dvuxsloynogo trikotajnogo perepleteniye. “Ensuring seismic safety and seismic stability of buildings and structures, applied problems of mechanics” dedicated to the 90 th anniversary of Academician T.R.Rashidov.Tashkent, may 27-29.2024. 234-239 b.

UDC 532.529:533.6

TOLALI-DISPERS SANOAT ZARRACHALARINING TASNIFI VA AERODINAMIK XUSUSIYATLARINING NAZARIY TAHLILI

A.Sh.Adilova[1]
Tashkent State University of Economics

Annotatsiya. *Maqolada sanoat korxonalarida texnologik jarayonlar natijasida hosil bo‘ladigan tolali-dispers zarrachalarning tasnifi hamda ularning aerodinamik xususiyatlari nazariy jihatdan tahlil qilingan. Paxta tozalash sanoati, to‘qimachilik, sellyuloza-qog‘oz, yog‘ochni qayta ishlash, biomassa va mineral tolalar bilan bog‘liq ishlab chiqarishlarda hosil bo‘ladigan tolali zarrachalarning geometrik, fizik va aerodinamik xususiyatlari umumlashtirildi. Adabiyotlar tahlili asosida tolali zarrachalarning harakatiga ta’sir etuvchi asosiy parametrlar — aspekt nisbati, geometrik anizotropiya, oriyentatsiya burchagi, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametr, massa, haqiqiy zichlik, inersiya, gigroskopiklik, aglomeratsiya va elektrostatik ta’sir tizimli ravishda tahlil qilindi. Mavjud nazariy yondashuvlar o‘zaro taqqoslanib, tolali zarrachalarning aerodinamik harakatiga ta’sir etuvchi parametrlar o‘rtasidagi bog‘liqlik yagona konseptual sxema asosida umumlashtirildi. Shuningdek, tolali-dispers zarrachalar uchun geometrik, fizik va aerodinamik xususiyatlarni kompleks hisobga oluvchi parametrik yondashuv taklif etildi. Ushbu natijalar tolali sanoat changi harakatini matematik modellashtirish, chang ushlash qurilmalarini hisoblash hamda havoni tozalash tizimlarining samaradorligini baholash uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *tolali-dispers zarrachalar, sanoat changi, aspekt nisbati, geometrik anizotropiya, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametr, oriyentatsiya, inersiya, aerozollar.*

Аннотация: *В статье представлен теоретический анализ классификации и аэродинамических свойств волокнисто-дисперсных промышленных частиц, образующихся в различных технологических процессах. Обобщены геометрические, физические и аэродинамические характеристики частиц, возникающих в хлопкоочистительной, текстильной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей, биомассовой и других отраслях промышленности. На основе анализа современных научных публикаций систематизированы основные параметры, определяющие движение волокнистых частиц в газовом потоке: аспектное отношение, геометрическая анизотропия, ориентация, динамический коэффициент формы, аэродинамический эквивалентный диаметр, масса, плотность, инерционные свойства, гигроскопичность, агломерация и*

электростатическое взаимодействие. Выполнено сравнительное обобщение существующих теоретических подходов и предложена концептуальная схема взаимосвязи физических и аэродинамических параметров волокнисто-дисперсных частиц. Предложенный параметрический подход может быть использован при математическом моделировании движения промышленных волокнистых аэрозолей, расчёте аппаратов пылеулавливания и оценке эффективности систем очистки воздуха.

Ключевые слова: *волокнисто-дисперсные частицы, промышленная пыль, аспектное отношение, геометрическая анизотропия, динамический коэффициент формы, аэродинамический эквивалентный диаметр, ориентация, инерция, аэрозоли.*

Abstract: *This paper presents a theoretical analysis of the classification and aerodynamic properties of fibrous-dispersed industrial particles generated during technological processes. The geometric, physical, and aerodynamic characteristics of particles originating from cotton processing, textile manufacturing, pulp and paper production, wood processing, biomass utilization, and mineral fiber industries are systematically reviewed. Based on a comprehensive analysis of contemporary scientific literature, the principal parameters governing the motion of fibrous particles in gas flows are identified, including aspect ratio, geometric anisotropy, orientation angle, dynamic shape factor, aerodynamic equivalent diameter, particle mass, true density, inertial properties, hygroscopicity, agglomeration, and electrostatic interaction. Existing theoretical approaches are comparatively analyzed, and a conceptual framework describing the relationships among these parameters is proposed. In addition, a generalized parametric approach integrating the geometric, physical, and aerodynamic characteristics of fibrous particles is developed. The obtained results provide a theoretical basis for mathematical modeling of fibrous industrial aerosol transport, the design and calculation of dust collection equipment, and the improvement of industrial air-cleaning systems.*

Keywords: *fibrous-dispersed particles, industrial dust, aspect ratio, geometric anisotropy, dynamic shape factor, aerodynamic equivalent diameter, particle orientation, inertia, aerosols.*

Kirish. Sanoat korxonalarida amalga oshiriladigan texnologik jarayonlar natijasida havoga turli o‘lcham, shakl va fizik xususiyatlarga ega bo‘lgan dispers zarrachalar ajralib chiqadi. Ushbu zarrachalar ishlab chiqarish muhitining sanitariya-gigiyena holati, ventilyatsiya va havoni tozalash tizimlarining samaradorligi hamda atrof-muhit muhofazasi nuqtayi nazaridan muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, paxta tozalash sanoati, to‘qimachilik, sellyuloza-qog‘oz, yog‘ochni qayta ishlash, biomassa va mineral tolalar ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘ladigan tolali-dispers zarrachalar geometrik shakli va aerodinamik xususiyatlari bilan sferik zarrachalardan tubdan farq qiladi. Tolali zarrachalarning asosiy xususiyati yuqori aspekt nisbati, geometrik anizotropiyasi va havo oqimiga nisbatan o‘zgaruvchan oriyentatsiyasi bilan belgilanadi. Bu xususiyatlar aerodinamik qarshilik, harakat trayektoriyasi, cho‘kish tezligi va filtratsiya jarayoniga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shuningdek, namlik, aglomeratsiya va elektrostatik zaryadlanish kabi tashqi omillar tolali aerozollarning aerodinamik parametrlarini o‘zgartirishi mumkin.

Aerozollar mexanikasidagi klassik nazariy modellar asosan sferik yoki izometrik zarrachalar uchun ishlab chiqilgan bo‘lib, tolali zarrachalarning anizotrop geometriyasi, aylanish dinamikasi va oqimga nisbatan oriyentatsiyasining o‘zgarishini to‘liq aks ettirmaydi. Natijada ushbu modellarni tolali-dispers zarrachalarga bevosita qo‘llash ularning aerodinamik harakatini baholash aniqligini pasaytirishi mumkin. So‘nggi yillarda tolali aerozollarning aerodinamik xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlarda aspekt nisbati, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametr, inertsiya, oriyentatsiya burchagi va tashqi muhit omillarining oqimidagi harakatga ta’siri nazariy hamda eksperimental jihatdan keng tadqiq

etilmoqda. Biroq ushbu parametrlarni yagona parametrik tizim asosida umumlashtirish, turli tolali zarrachalarni aerodinamik nuqtayi nazardan tasniflash va ular o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni kompleks baholash masalalari yetarlicha yoritilmagan. Mazkur maqolaning maqsadi sanoatda hosil bo‘ladigan tolali-dispers zarrachalarni kelib chiqishi va fizik xususiyatlari bo‘yicha tasniflash, ularning aerodinamik harakatini belgilovchi asosiy geometrik, fizik va dinamik parametrlarni nazariy jihatdan tahlil qilish hamda ushbu parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini aks ettiruvchi umumlashtirilgan konseptual modelni taklif etishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili: Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakatini nazariy jihatdan tavsiflash aerozollar mexanikasi, dispers muhitlar fizikasi hamda ko‘p fazali oqimlar dinamikasining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu sohadagi tadqiqotlar asosan zarrachalarning geometrik shakli, aspekt nisbati, aerodinamik qarshiligi, dinamik shakl koeffitsiyenti, oriyentatsiyasi, inertsion xususiyatlari va tashqi muhit omillarining ta’sirini aniqlashga qaratilgan. Tolali zarrachalar harakatining nazariy asoslari [1] tomonidan ellipsoid shaklli zarrachalarning qovushqoq muhitdagi harakatini tavsiflovchi klassik model orqali yaratilgan. Uning nazariyasi zarracha geometriyasi va aspekt nisbati, aylanish dinamikasi hamda oqimga nisbatan oriyentatsiyani belgilovchi asosiy omillar ekanligini asoslab berdi. Mazkur yondashuv keyin olimlarning tadqiqotlarida tolali zarrachalar aerodinamikasining fundamental nazariy poydevori sifatida qabul qilindi. Tolali zarrachalarning geometrik xususiyatlari va aerodinamik parametrlari [2,3] ishlarida keng tadqiq etilgan. Mualliflar aspekt nisbati va oriyentatsiya burchagining aerodinamik qarshilikka ta’sirini eksperimental jihatdan baholab, tolali zarrachalar uchun Stoks qonuni hamda aerodinamik ekvivalent diametrlarni hisoblash usullarini takomillashtirganlar. Ushbu natijalar tolali aerozollarning aerodinamik xususiyatlarini tavsiflovchi nazariy yondashuvlarning shakllanishiga asos bo‘ldi. Nosferik zarrachalarning morfologiyasi va aerodinamik parametrlari o‘rtasidagi bog‘liqlik [4] tomonidan batafsil o‘rganilgan. Mualliflar zarracha morfologiyasi bilan aerodinamik ekvivalent diametri o‘rtasidagi bog‘liqlikni dinamik shakl koeffitsiyenti asosida baholashni taklif etganlar. [5] turli shakldagi zarrachalar uchun tortishish koeffitsiyentini hisoblash modelini ishlab chiqqanlar hamda uning Reynolds soni va zarracha shakliga bog‘liqligini ko‘rsatganlar. Tolali zarrachalarning massa-hajm xarakteristikalari va inersion xususiyatlari [6] ishlarida nazariy jihatdan asoslangan. Bundan tashqari [7] o‘z tadqiqotlarda erkin cho‘kayotgan tolalarning inersion xususiyatlarini tahlil qilgan bo‘lsa**,** [8] turbulent muhitda tolalarning aylanish harakatini eksperimental jihatdan o‘rganganlar. [9] zarracha massasi va inersiya momentining oriyentatsiyaga ta’sirini ko‘rsatgan bo‘lsa, [10,11] zarracha geometriyasi, oriyentatsiyasi hamda Reynolds sonini hisobga oluvchi aerodinamik kuchlar modelini taklif etganlar. Tolali zarrachalarning tashqi muhit omillari bilan o‘zaro ta’siri ham ko‘plab tadqiqotlarda yoritilgan. Jumladan, [12] havo namligining tolali filtrlar samaradorligiga ta’sirini o‘rganib, gigroskopik o‘sish zarrachalarning aerodinamik parametrlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini asoslab berganlar. [13] submikron (<1μm) aerozollarda namlik ta’siridagi o‘lcham o‘zgarishini baholaganlar. [14,15] aglomeratsiya jarayonlari dinamik shakl koeffitsiyenti va aerodinamik ekvivalent diametrga sezilarli ta’sir qilishini aniqlaganlar. [16,17,18] ishlarida esa elektrostatik zaryadlanishning zarracha harakati hamda filtratsiya samaradorligiga ta’siri nazariy va eksperimental jihatdan asoslangan. Adabiyotlar tahlili ko‘rsatadiki, tolali zarrachalarning geometrik xususiyatlari, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametri, inersion harakati, oriyentatsiyasi va tashqi muhit ta’siri bo‘yicha nazariy hamda eksperimental natijalar yetarlicha shakllangan. Biroq mazkur parametrlarni yagona funksional tizim sifatida o‘zaro bog‘liq holda baholash, sanoatda hosil bo‘ladigan tolali-dispers zarrachalar uchun umumlashtirilgan konseptual fizik modelni ishlab chiqish va aerodinamik harakatni kompleks tavsiflash masalalari hanuz dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu nuqtayi nazardan mazkur maqolada

ushbu parametrlar yagona konseptual yondashuv asosida tahlil qilinib, tolali-dispers zarrachalar aerodinamikasining umumlashtirilgan fizik modeli taklif etiladi.

Nazariy tadqiqodlar. Tolali-dispers zarrachalarning tasnifi. Tolali-dispers zarrachalar sanoat korxonalarida mexanik, texnologik va fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida hosil bo‘ladigan, uzunligi ko‘ndalang o‘lchamiga nisbatan sezilarli darajada katta bo‘lgan anizotrop shaklli qattiq zarrachalardir. Bunday zarrachalar paxta va to‘qimachilik, sellyuloza-qog‘oz, yog‘ochni qayta ishlash, biomassa hamda mineral tolalar ishlab chiqarish jarayonlarida keng tarqalgan. Ularning geometrik shakli va morfologik tuzilishining nosimmetrikligi sababli havo oqimidagi harakati sferik zarrachalarning harakatidan sezilarli darajada farq qiladi. Tolali zarrachalarning aerodinamik xatti-harakati nafaqat ularning o‘lchami va zichligiga, balki shakli, aspekt nisbati, oqimga nisbatan orientatsiyasi, egiluvchanligi, g‘ovakligi hamda tashqi muhit ta’sirida o‘zgaruvchan fizik xususiyatlariga ham bog‘liq. Ayniqsa, tolalarning cho‘zinchoq shakli va yuqori aspekt nisbati ularning oqim bilan o‘zaro ta’sirini murakkablashtirib, aerodinamik qarshilik, oqimga ergashish qobiliyati va harakat trayektoriyasining o‘zgarishiga olib keladi. Shu sababli tolali-dispers zarrachalarni faqat material turi yoki kelib chiqishi bo‘yicha tasniflash ularning aerodinamik xususiyatlarini to‘liq tavsiflash uchun yetarli emas. Sanoatda hosil bo‘ladigan tolali-dispers zarrachalarni kelib chiqishiga ko‘ra quyidagi asosiy guruhlarga ajratish mumkin:

- F_1 −tabiiy sellyulozali tolalar (paxta, zig‘ir, kanop va boshqa o‘simlik tolalari);
- F_2 −to‘qimachilik ishlab chiqarishida hosil bo‘ladigan tabiiy va sintetik tekstil tolalari;
- F_3 −sellyuloza-qog‘oz sanoatida hosil bo‘ladigan tolali zarrachalar;
- F_4 −yog‘ochni mexanik qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan tolalar;
- F_5 −biomassa va qishloq xo‘jaligi chiqindilari asosida hosil bo‘lgan tolali dispers zarrachalar;
- F_6 −mineral va sun’iy noorganik tolalar (shisha tolasi, bazalt tolasi, mineral jun va boshqalar).

Bunday tasnif zarrachalarning material tarkibi va kelib chiqishini tavsiflash uchun muhim bo‘lsa-da, ularning havo oqimidagi aerodinamik xatti-harakatlarini to‘liq ifodalamaydi. Chunki turli tarkib va kelib chiqishga ega zarrachalar o‘xshash aerodinamik xususiyatlarni namoyon qilishi mumkin. Bunda asosiy rolni zarrachalarning geometrik va fizik parametrlari — o‘lchami, shakli, aspekt nisbati, zichligi, g‘ovakligi, egiluvchanligi va oqimga nisbatan orientatsiyasi belgilaydi. Shu sababli, tolali-dispers zarrachalarni aerodinamik parametrlar asosida tasniflash maqsadga muvofiqdir. Bunday yondashuv zarrachalarni asosiy geometrik va fizik mezonlar bo‘yicha tizimlashtirish hamda kelib chiqishi turlicha, ammo aerodinamik xususiyatlari o‘xshash zarrachalarni yagona mezon asosida guruhlash imkonini beradi. Shunday qilib, kelib chiqishga asoslangan tasnif zarrachalarning manbai va material tabiatini, parametrik tasnif esa ularning havo oqimidagi harakati va aerodinamik xususiyatlarini tavsiflaydi. Mazkur yondashuv tolali-dispers zarrachalarni tizimlashtirish, ularning oqimdagi harakatini modellashtirish hamda changni tutish va havoni tozalash qurilmalarining samaradorligini baholash uchun nazariy asos yaratadi.

Aerodinamik tavsiflashda asosiy parametrlar quyidagilardan iborat:

- aspekt nisbati (β);
- geometrik anizotroplik;
- haqiqiy zichlik (ρ_{ch});
- dinamik shakl koeffitsiyenti (χ);
- aerodinamik ekvivalent diametr (d_a);
- oriyentatsiya burchagi (θ);

- gigroskopiklik;
- aglomeratsiyaga moyillik;
- elektrostatik faollik.

Mazkur parametrlar zarrachaning havo oqimidagi harakati, aerodinamik qarshiligi, inersion xususiyatlari va cho‘kish qonuniyatlarini belgilaydi. Ulardan eng muhim geometrik parametr aspekt nisbati (β) hisoblanadi:

$$\beta = \frac{\ell}{d} \quad (1)$$

bu yerda l −tolaning uzunligi, d −xarakterli diametri.

Aspekt nisbati zarrachaning geometrik anizotroplik darajasini tavsiflaydi. β qiymati ortishi bilan zarrachaning sferik shakldan og‘ishi kuchayadi, bu esa aerodinamik qarshilik, oqimga nisbatan oriyentatsiyasi va harakat barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli aspekt nisbati tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik xususiyatlarini tavsiflovchi asosiy geometrik parametr hisoblanadi. 1-Jadvalda turli sanoat tarmoqlarida uchraydigan tolali-dispers zarrachalarning asosiy geometrik va fizik xususiyatlari qiyosiy tarzda keltirilgan.

1-Jadval

Tolali-dispers zarrachalarning taqqoslama fizik xususiyatlari

Ko‘rsatkich	**Paxta**	**To‘qimachilik**	**Sellyuloza**	**Yog‘och**	**Biomassa**	**Mineral tolalar**
Kelib chiqishi	Tabiiy organik	Organik va sintetik	Tabiiy organik	Tabiiy organik	Tabiiy organik	Noorganik
O‘lchami, μm	10–150	5–200 (>1000)	20–150	1–500+	5–300	d = 0,5–20; l ≤ μm
Aspekt nisbati, β	2–8	3–100+	3–15	3–20	3–30	10–1000+
Haqiqiy zichligi, kg/m³	1450–1550	900–1600	1500–1550	≈1500	O‘zgaruvchan	2400–2700
Egiluvchanligi	Yuqori	Yuqori	O‘rtacha	Past	O‘rtacha	Yo‘q
Gigroskopikligi	Yuqori	Past–o‘rtacha	Yuqori	O‘rtacha	Yuqori	Yo‘q
Elektrostatik faolligi	Kuchli	Juda kuchli	O‘rtacha	Kuchli	O‘rtacha	Kuchsiz
Yonuvchanligi	Yuqori	Yuqori	Yuqori	Juda yuqori	Yuqori	Yo‘q
Asosiy xavfli omil	Bissinoz	Allergik ta’sir	Nafas yo‘llari kasalliklari	Chang-portlash	Nafas yo‘llari kasalliklari	Kantserogenlik

Jadvalda keltirilgan ma’lumotlardan shuni ko‘rsatadiki, tolali-dispers zarrachalarning fizik tavsiflari material turiga qarab sezilarli darajada farqlanadi. Geometrik parametrlar bilan bir qatorda, ularning aerodinamik xususiyatlariga haqiqiy zichlik, mexanik qattiqlik va egiluvchanlik, gigroskopiklik, aglomeratsiyaga moyillik hamda elektrostatik faollik ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shunday qilib, tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifi ularning geometrik va fizik parametrlarini kompleks baholashni talab etadi. Parametrik tasniflash ushbu omillarni yagona tizim asosida tavsiflash hamda zarrachalarning aerodinamik harakat qonuniyatlarini tahlil qilish uchun nazariy asos yaratadi.

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik xususiyatlarining nazariy tahlili.

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik xususiyatlari ularning geometrik tuzilishi bilan belgilanadi. Zarrachaning uzunligi va diametri o‘rtasidagi nisbat ortishi natijasida geometrik

anizotroplik kuchayadi. Bu esa oqimga nisbatan oriyentatsiya, proyeksiya maydoni va aerodinamik qarshilikning o‘zgarishiga olib keladi. Shuning uchun aerodinamik modellashtirishda tolalar odatda to‘g‘ri doiraviy silindr sifatida qaraladi [2]. Geometrik anizotroplik kuchayishi bilan tolalarning oqimdagi holati barqaror bo‘lmaydi va ularning oriyentatsiyasi doimiy ravishda o‘zgarib turadi. Natijada zarrachaning oqimga ko‘rinadigan proyeksiya maydoni ham o‘zgaradi. Bu esa aerodinamik qarshilik va cho‘kish tezligining bir xil bo‘lmasligiga sabab bo‘ladi. Ushbu qonuniyat [1,3] tadqiqotlarida ko‘rsatilgan. Geometrik anizotroplik natijasida nosferik zarrachalar uchun dinamik shakl koeffitsiyentini hisobga olish zarur bo‘ladi. Mazkur parametr zarrachaning haqiqiy geometrik shakli bilan uning aerodinamik tavsifi o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi. Shu sababli tolali zarrachalarni aerodinamik jihatdan tavsiflashda aspekt nisbati, oriyentatsiya va dinamik shakl koeffitsiyenti o‘zaro bog‘liq holda qaraladi[4,5].

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakati faqat geometrik tuzilishi bilan emas, balki ularning massa-hajm xarakteristikalari va inertsion xususiyatlari bilan ham belgilanadi. Zarrachaning massasi va haqiqiy zichligi tashqi kuchlar ta’sirida tezlanish darajasi, oqimga moslashish tezligi hamda harakat barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Silindrik model uchun tolali zarrachaning hajmi va massasi quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi:

$$V_{ch} = \frac{\pi d^2 l}{4} \tag{2}$$

$$m_{ch} = \rho_{ch} V = \rho_{ch} \frac{\pi d^2 l}{4} \tag{3}$$

bu yerda $l -$ tola uzunligi, $d -$ diametri, $\rho_{ch} -$ zarracha materialining haqiqiy zichlligi.

Massa ortishi bilan zarrachaning inertsiyasi ham ortadi, natijada uning oqim yo‘nalishidagi tezligi va harakat trayektoriyasi o‘zgaradi. Ayniqsa, katta aspekt nisbatiga ega tolalarda translatsion harakat bilan bir qatorda rotatsion inertsiya ham muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli tolali zarrachalar aerodinamikasini tavsiflashda inertsiya momentini hisobga olish zarur. Silindrik shakilga ega tola uchun inertsiya momenti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I = \frac{m}{12}(3r^2 + l^2) \tag{4}$$

bu yerda $r = d/2.$

Aspekt nisbati ortishi bilan inertsiya momenti ham ortadi. Natijada tolalarning oqimdagi oriyentatsiyasi sekinroq o‘zgaradi va ularning oqimga moslashish jarayoni murakkablashadi. Stoks rejimida ($R_e < 1$) zarrachaning oqimga moslashish qobiliyati relaksatsiya vaqti orqali baholanadi.

$$\tau_{ch} = \frac{\rho_{ch} d_a^2}{18\mu} \tag{5}$$

bu yerda $d_a -$ aerodinamik ekvivalent diametr, $\mu -$ muhitning dinamik qovushqoqligi.

[6] shuningdek [7,8,9,10] tomonidan olib borilgan tadqiqotlar massa, inertsiya momenti va relaksatsiya vaqtining tolali zarrachalarning aerodinamik harakatini belgilovchi o‘zaro bog‘liq parametrlar ekanligini ko‘rsatadi. Shu bois tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifini shakllantirishda geometrik parametrlar bilan bir qatorda massa-inertsion omillarni ham kompleks hisobga olish zarur.

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifini aniqlashda geometrik diametrning o‘zi yetarli emas, chunki zarrachaning shakli aerodinamik qarshilikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Shu sababli nosferik zarrachalar uchun dinamik shakl koeffitsiyenti (χ)va aerodinamik ekvivalent diametr (d_a) asosiy tavsiflovchi parametrlar hisoblanadi.

Aerodinamik ekvivalent diametr quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$d_a = d_{ve}\sqrt{\frac{\rho_{ch}}{\rho_0 \cdot \chi}} \quad (6)$$

bu yerda $d_{ve}-$ hajm bo‘yicha ekvivalent diametr, $\rho_{ch}-$ zarrachaning haqiqiy zichligi, ρ_0 −standart zichlik, χ dinamik shakl koeffitsiyenti.

Dinamik shakl koeffitsiyenti ortishi bilan aerodinamik qarshilik ortadi va aerodinamik ekvivalent diametr o‘zgaradi. Shuning uchun turli shakldagi tolali zarrachalarni aerodinamik jihatdan baholashda geometrik diametr emas, balki d_a −parametridan foydalaniladi. Ushbu qonuniyat [2,3,4,5] tadqiqotlarida asoslab berilgan.

2-Jadval

Turli aspekt nisbatlari uchun dinamik shakl koeffitsiyenti qiymatlari

Zarracha shakli	Aspekt nisbati, β	Dinamik shakl koeffitsiyenti, χ
Sfera	1	1,0
Qisqa silindr	2–5	1,1–1,5
O‘rtacha tola	≈10	2–4
Uzun tola	50–100	5–10
Juda uzun tola yoki tola tutami	>200	10–20 va undan yuqori

2-Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, aspekt nisbati ortishi bilan dinamik shakl koeffitsiyenti ham ortadi. Natijada aerodinamik qarshilik kuchayadi va zarrachaning aerodinamik tavsifi sezilarli darajada o‘zgaradi. Tolali-dispers zarrachalarda aerodinamik qarshilik nafaqat geometrik o‘lchamlar, balki ularning oqimga nisbatan fazoviy holatiga ham bog‘liq. Zarrachaning oriyentatsiyasi o‘zgarishi bilan uning oqimga nisbatan ko‘rinadigan proyeksiya maydoni ham o‘zgaradi. Natijada aerodinamik qarshilik kuchi va zarrachaning cho‘kish tezligi ham mos ravishda o‘zgaradi.

Aerodinamik qarshilik kuchi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$F_d = \frac{1}{2} C_D \rho_m A_{ch} U_r^2 \quad (7)$$

bu yerda C_D −aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti, $\rho_m -$ muhit zichligi, $A_{ch} -$ zarrachaning proyeksiya maydoni, $U_r -$ nisbiy tezlik. Oriyentatsiya burchagi (θ) o‘zgarganda proyeksiya maydoni ham o‘zgaradi. Tola oqimga perpendikulyar joylashganda proyeksiya maydoni maksimal qiymatga ega bo‘ladi, natijada aerodinamik qarshilik ortadi. Aksincha, zarracha oqim yo‘nalishi bo‘ylab orientatsiyalanganda, uning oqimga ko‘ndalang proyeksiya maydoni kamayadi. Buning natijasida aerodinamik qarshilik kuchi pasayadi va zarracha muvozanat holatida erishadigan cho‘kish tezligi ortadi. Mazkur qonuniyat [1] nazariyasi asosida tushuntirilgan bo‘lib, [3,11] hamda [10] tadqiqotlari bilan eksperimental va sonli modellashtirish natijalari orqali tasdiqlangan. Demak, tolali zarrachalar uchun aerodinamik qarshilik geometrik o‘lchamlar bilan bir qatorda aspekt nisbati (β), oriyentatsiya burchagi (θ) va Reynolds sonining o‘zaro ta’siri bilan belgilanadi. Ushbu parametrlarni kompleks hisobga olish aerodinamik harakatni ishonchli modellashtirish imkonini beradi [18].

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifi nafaqat geometrik va massa-inersion parametrlar, balki tashqi muhit omillari ta’sirida ham o‘zgaradi. Havoning nisbiy namligi (W), aglomeratsiya (K_a) va elektrostatik zaryad (q) zarrachaning o‘lchami, shakli hamda massasini

o‘zgartirib, aerodinamik ekvivalent diametr (d_a), dinamik shakl koeffitsiyenti (χ) va aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti (C_D) ga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [12,13].

Aglomeratsiya natijasida zarracha shakli murakkablashadi va dinamik shakl koeffitsiyenti ortadi, elektrostatik zaryadlanish esa zarrachalarning o‘zaro hamda oqim bilan ta’sirini o‘zgartiradi. Mazkur qonuniyatlar [14,15,16,17] tadqiqotlarida asoslab berilgan. Shu sababli tashqi muhit omillarining aerodinamik parametrlarga ta’siri quyidagi umumiy funksional bog‘lanish orqali ifodalanishi mumkin:

$$d_a, \chi, C_D = f(W, K_a, q) \quad (8)$$

bu yerda W −havoning nisbiy namligi, K_a −aglomeratsiya koeffitsiyenti, q − zarrachaning elektr zaryadi. Demak, tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakatini ishonchli tavsiflash uchun geometrik, massa-inersion va tashqi muhit omillarini kompleks ravishda hisobga olish zarur.

Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakati geometrik parametrlar, massa-inersion xususiyatlar, zarrachaning fazodagi oriyentatsiyasi hamda tashqi muhit omillarining o‘zaro ta’siri natijasida shakllanadi. Mavjud tadqiqotlarda ushbu omillar asosan alohida ko‘rib chiqilgan bo‘lib, ularni yagona tizim asosida tavsiflovchi yondashuv yetarli darajada shakllanmagan. Shu munosabat bilan tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifini ifodalovchi umumlashtirilgan konseptual fizik model taklif etiladi.

Tolali zarrachaning aerodinamik tavsifi quyidagi ketma-ketlik orqali ifodalanadi:

$$\beta \rightarrow \theta \rightarrow \chi \rightarrow d_a \rightarrow C_D \rightarrow F_D \rightarrow St$$

bunda tashqi ta’sir omillari (ρ_{ch} , ω, K_a) butun tizimning funksional parametrlaridir.
Bu yerda:

- β −aspekt nisbati;
- θ − oriyentatsiya burchagi;
- χ − dinamik shakl koeffitsiyenti;
- d_a − aerodinamik ekvivalent diametr;
- C_D − aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti;
- F_D −aerodinamik qarshilik kuchi;
- St −Stoks soni.

Mazkur ketma-ketlik geometrik parametrlar dinamik shakl koeffitsiyenti va aerodinamik ekvivalent diametrni belgilashini, ular orqali esa zarrachaning aerodinamik qarshiligi hamda inertsion harakat rejimi aniqlanishini ko‘rsatadi [18,20].

Real sanoat sharoitlarida aerodinamik qarshilikka geometrik parametrlar, massa-inertsion xususiyatlar hamda tashqi muhit omillari kompleks ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur bog‘liqlik quyidagi umumlashtirilgan funksional ifoda orqali tavsiflanadi:

$$F_D = f(\beta, \theta, \chi, d_{a,}\rho_{ch,}\mu, \rho_{f,}R_{e,}\omega, K_a) \quad (9)$$

bu yerda μ − muhitning dinamik qovushqoqligi, ρ_{ch} − muhit zichligi, R_e − Reynolds soni.
Tolali zarrachalarning terminal cho‘kish tezligi ham ayni parametrlar majmuasiga bog‘liq bo‘lib,

$$V_t = f(\beta, \theta, \chi, d_{a,}\rho_{ch,}\mu, \rho_{f,}\omega, K_a) \quad (10)$$

ko‘rinishida ifodalanadi. Taklif etilayotgan konseptual model tolali-dispers zarrachalarning geometrik, fizik va aerodinamik parametrlarini yagona nazariy tizimga birlashtiradi hamda ularning o‘zaro bog‘liqligini kompleks baholash imkonini beradi. Mazkur tadqiqot doirasida tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik tavsifini ifodalovchi quyidagi umumlashtirilgan funksional bog‘lanish taklif etiladi [19,20].

Natijalar tahlil. Tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakati geometrik, fizik va muhit parametrlarining o‘zaro ta’siri bilan belgilanadi. Tahlil natijalariga ko‘ra, aspekt nisbati,

oriyentatsiya, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametr, zarrachaning zichligi va muhitning qovushqoqligi aerodinamik tavsifni belgilovchi asosiy omillardir. Aspekt nisbati ortishi zarrachaning geometrik anizotropligini kuchaytirib, aerodinamik qarshilikning ortishiga olib keladi. Zarracha zichligi esa uning inersion xususiyatlari va terminal cho‘kish tezligiga ta’sir ko‘rsatadi. Aerodinamik ekvivalent diametr zarrachaning havo oqimidagi harakatini tavsiflovchi asosiy parametr bo‘lib, uning qiymati zarracha shakli o‘zgarishi bilan ham o‘zgaradi.

Tahlil natijalari aerodinamik tavsifga eng katta ta’sir geometrik parametrlar, o‘rtacha ta’sir esa dinamik shakl koeffitsiyenti va aerodinamik ekvivalent diametrga tegishli ekanini ko‘rsatdi. Muhit parametrlarining ta’siri esa nisbatan kamroq. Taklif etilayotgan konseptual model tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakatini belgilovchi asosiy parametrlarni yagona funksional tizimda ifodalaydi. Zarrachalarning aerodinamik xususiyatlari geometrik, fizik va muhit omillarining o‘zaro ta’siri natijasida shakllanadi. Aspekt nisbati (β) ortishi zarrachaning geometrik anizotropligini kuchaytiradi va uning oqimga nisbatan oriyentatsiyasi (θ)o‘zgarishiga olib keladi. Bu esa dinamik shakl koeffitsiyenti (χ) hamda aerodinamik ekvivalent diametr (d_a) qiymatlariga ta’sir ko‘rsatib, natijada aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti (C_D) va qarshilik kuchi (F_D) o‘zgaradi. Ushbu o‘zgarishlar zarrachaning inersion harakatini tavsiflovchi Stoks mezoni (St) orqali namoyon bo‘ladi. Haqiqiy zichlik, havoning nisbiy namligi va aglomeratsiya koeffitsiyenti mazkur jarayonga qo‘shimcha ta’sir etuvchi omillar hisoblanadi. Zichlikning ortishi zarrachaning inersion xususiyatlarini kuchaytirsa, namlik va aglomeratsiya uning samarali o‘lchami, shakli va shakl koeffitsiyentini o‘zgartirishi mumkin. Natijada aerodinamik qarshilikning ortishi yoki kamayishi, shuningdek, zarrachaning harakat trayektoriyasi va cho‘kish tezligining o‘zgarishi kuzatiladi. Olib borilgan tahlillar tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik harakati ko‘p omilli jarayon ekanligini ko‘rsatdi. Zarrachaning harakat xususiyatlari geometrik va massa-inersion parametrlar, dinamik shakl koeffitsiyenti, aerodinamik ekvivalent diametr hamda tashqi muhit sharoitlarining o‘zaro ta’siri bilan belgilanadi. Tahlil natijalariga ko‘ra, aerodinamik harakatga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy parametrlar aspekt nisbati, orientatsiya burchagi va dinamik shakl koeffitsiyenti hisoblanadi. Ushbu parametrlarning o‘zgarishi aerodinamik ekvivalent diametr va qarshilik koeffitsiyentining qiymatlariga bevosita ta’sir etib, zarrachaning harakat trayektoriyasi va cho‘kish tezligining o‘zgarishiga olib keladi. Haqiqiy zichlik, havoning nisbiy namligi va aglomeratsiya koeffitsiyenti esa dominant parametrlar ta’sirini kuchaytiruvchi yoki susaytiruvchi ikkilamchi omillar sifatida namoyon bo‘ladi. Shunday qilib, taklif etilgan konseptual yondashuv tolali-dispers zarrachalarning aerodinamik xususiyatlarini alohida parametrlar kesimida emas, balki o‘zaro bog‘liq parametrlar tizimi sifatida baholash imkonini beradi. Mazkur yondashuv tolali zarrachalar harakatini matematik modellashtirish, changni tutish va havoni tozalash qurilmalarini loyihalash, filtratsiya jarayonlarini hisoblash hamda sanoat ventilyatsiya tizimlarining samaradorligini baholash uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

3-Jadval

Tolali-dispers zarrachalar aerodinamik harakatiga ta’sir etuvchi asosiy parametrlarning funksional tahlili

Parametr	**Aerodinamik ta’siri**	**Asosiy natija**
Aspekt nisbati (β)	Geometrik anizotroplikni oshiradi	Qarshilik ortadi
Oriyentatsiya burchagi(θ)	Proyeksiya maydonini o‘zgartiradi	C_D va F_D o‘zgaradi
Dinamik shakl koeffitsiyenti (χ)	Nosferiklik ta’sirini hisobga oladi	d_a o‘zgaradi
Aerodinamik ekvivalent diametr(d_a)	Harakat xususiyatini belgilaydi	Cho‘kish tezligiga ta’sir qiladi
Haqiqiy zichlik (ρ_{ch})	Inersiyani oshiradi	Terminal tezlik ortadi
Namlik (ω)	Massa va o‘lchamni o‘zgartiradi	d_a ortadi
Aglomeratsiya koeffitsiyenti (K_a)	Shaklni o‘zgartiradi	χ va C_D ortadi

Xulosa. Ushbu tadqiqotda tolali-dispers zarrachalarning geometrik, fizik va aerodinamik xususiyatlari zamonaviy ilmiy manbalar asosida tizimli tahlil qilindi. Zarrachalarning aerodinamik harakatiga aspekt nisbati (β), oriyentatsiya burchagi (θ), dinamik shakl koeffitsiyenti (χ), aerodinamik ekvivalent diametr (d_a), haqiqiy zichlik hamda tashqi muhit omillari kompleks ta'sir ko'rsatishi asoslab berildi.

Tahlil natijalari asosida tolali-dispers zarrachalar aerodinamik xususiyatlarining shakllanishini ifodalovchi konseptual zanjir ishlab chiqildi hamda mazkur parametrlarni yagona funksional tizimda birlashtiruvchi umumlashtirilgan fizik model taklif etildi. Ushbu yondashuv tolali zarrachalarning aerodinamik harakatini kompleks baholash imkonini beradi.

Taklif etilgan model sanoat ventilyatsiyasi, havoni changdan tozalash tizimlari, siklonlar, filtrlar va tolali aerozollarni ushlash qurilmalarini hisoblash hamda takomillashtirish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Modelning ishonchliligini baholash eksperimental ma'lumotlar bilan validatsiya qilish va matematik modellashtirish natijalarini taqqoslash orqali amalga oshirilishi mumkin.

References

1. Jeffery G. B. The motion of ellipsoidal particles immersed in a viscous fluid // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. – 1922. – Vol. 102. – No. 715. – P. 161–179.
2. Henn W. Aerosol filtration with fibrous filters: Theory and applications. – Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, 1996.
3. Henn W., Brockmann J. E. Characterization and aerodynamic behavior of fibrous aerosol particles // Journal of Aerosol Science. – 2012. – Vol. 45. – P. 1–12.
4. DeCarlo P. F., Slowik J. G., Worsnop D. R., Davidovits P., Jimenez J. L. Particle morphology and density characterization by combined mobility and aerodynamic diameter measurements. // Aerosol Science and Technology. – 2004. – Vol. 38. – No. 12. – P. 1185–1205.
5. Tran-Cong S., Gay M., Michaelides E. E. Drag coefficients of irregularly shaped particles // Powder Technology. – 2004. – Vol. 139. – P. 21–32.
6. Podgórski A., Gradoń L. Dynamics of fibrous aerosol particles in viscous flow // Journal of Aerosol Science. – 1993. – Vol. 24. – No. 5. – P. 631–643.
7. Zaidi A. A. Motion and settling characteristics of nonspherical particles in viscous fluids // Powder Technology. – 2013. – Vol. 237. – P. 352–360.
8. Bounoua Z., Bouchet G., Doué N. Rotational dynamics of inertial fibers in turbulent flows // Physics of Fluids. – 2018. – Vol. 30. – Article 083301.
9. Challabotla N. R., Zhao L., Andersson H. I. Motion of elongated particles near walls in viscous flows // Physics of Fluids. – 2015. – Vol. 27. – Article 073301.
10. Ouchene R., Khalij M., Arcen B., Tanière A. Drag, lift and torque acting on non-spherical particles: A review // Powder Technology. – 2020. – Vol. 366. – P. 43–67.
11. Qi D., Luo K., Fan J. Orientation dynamics of fibers suspended in fluid flows // Journal of Fluids Engineering. – 2012. – Vol. 134. – No. 8.
12. Fang Z., Zhang Y., Liu J. Effect of humidity on fibrous filter performance // Separation and Purification Technology. – 2019. – Vol. 210. – P. 908–916.
13. Swietlicki E., Hansson H. C., Hämeri K., et al. Hygroscopic properties of atmospheric aerosol particles: An overview // Atmospheric Research. – 2021. – Vol. 152. – P. 2–26.
14. Wu C. Y., Colbeck I. Agglomeration and transport of fibrous particles in air // Journal of Aerosol Science. – 1996. – Vol. 27. – No. 2. – P. 261–276.
15. Zelenyuk A., Cai Y., Imre D. From agglomerates to individual particles: Morphology effects on aerosol dynamics // Aerosol Science and Technology. – 2006. – Vol. 40. – P. 197–217.

16. Gentry J. W., Davidson J. H., Brock J. R. Electrostatic effects in fibrous aerosol filtration // Journal of Aerosol Science. – 1993. – Vol. 24. – P. 1049–1060.
17. Theron F., Pui D. Y. H., Kim S. C. Electrostatic collection efficiency of charged fibrous aerosols // Separation and Purification Technology. – 2017. – Vol. 178. – P. 50–58.
18. Adilova A.Sh. Sovershenstvovanie konstruksii siklonov na osnove dinamicheskogo analiza peremeщeniya vrednыx primesey v potoke vozduxa //Dicsertatsiya. Toshkent 2023 yil
19. Lapple C.E. Processes use many collector types // Chemical Engineering. — 1951. — Vol. 58. — P. 144–151.
20. Hinds W.C. Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles. — 2nd ed. — New York: John Wiley & Sons, 1999. — 504 p.

UO‘K: 633.51.543.812

O‘ZBEKISTONDA PAXTA TOLASIGA MANSUB STANDARTLARINI XALQARO TALABLARI BILAN UYG‘UNLASHTIRISH ISTIQBOLLARI

Q. Jumaniyazov., L. Djunayeva., B. Rasulmuxamedova., B. Mannopov.
National Center for Knowledge and Innovations in Agriculture
Scientific Research Institute of Fiber Crops

Annotatsiya. *Mazkur maqolada O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlarini standartlashtirish tizimining amaldagi holati, mavjud milliy standartlarning xalqaro talablar bilan uyg‘unlik darajasi hamda ularni takomillashtirish istiqbollari tahlil qilingan. Tadqiqotda, avvalo, paxta tolasining asosiy sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashga oid milliy standartlar ISO va ASTM xalqaro standartlari talablari bilan qiyosiy o‘rganildi. Bunda tola uzunligi, namlikning massaviy nisbati, rangi va tashqi ko‘rinishi, nuqsonlar va iflos aralashmalar miqdori, chiziqli zichligi hamda tolaning shirdorligi kabi muhim sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash usullariga alohida e’tibor qaratildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi milliy standartlarni xalqaro talablar bilan bosqichma-bosqich uyg‘unlashtirishning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqish va paxta tolasi sifatini baholash tizimini takomillashtirishdan iborat. Tadqiqot jarayonida me’yoriy-texnik hujjatlarni qiyosiy tahlil qilish, xalqaro standartlarni o‘rganish hamda laboratoriya sinovlari natijalarini tahlil qilish usullaridan foydalanildi. O‘rganishlar natijasida milliy va xalqaro standartlar o‘rtasidagi asosiy texnik va uslubiy farqlar aniqlandi. Tadqiqot natijalari asosida paxta tolasining sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash bo‘yicha yangi milliy standartlar ishlab chiqilib, ularni xalqaro standartlar talablari bilan uyg‘unlashtirish bo‘yicha takliflar shakllantirildi. Mazkur yondashuv mahsulot sifatini baholashning aniqligi va ishonchliligini oshirish, laboratoriya sinovlarini takomillashtirish, tashqi savdodagi texnik to‘siqlarni kamaytirish hamda paxta tolasi va undan tayyorlangan mahsulotlarning xalqaro bozorlardagi raqobatbardoshligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Shuningdek, milliy standartlashtirish tizimini xalqaro mezonlarga yaqinlashtirish mamlakatning eksport salohiyatini oshirish, tashqi bozorlarga chiqish imkoniyatlarini kengaytirish va paxta-to‘qimachilik tarmog‘ining barqaror rivojlanishini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *paxta tolasi, milliy standart, mahsulot, ISO, ASTM, xalqaro standartlar, standartlashtirish, uyg‘unlashtirish, sifat infratuzilmasi, eksport, raqobatbardoshlik.*

Аннотация. *В статье проанализировано современное состояние стандартизации продукции из хлопкового волокна в Узбекистане, уровень гармонизации национальных стандартов с международными требованиями, а также перспективы их совершенствования. В рамках исследования проведён сравнительный анализ национальных стандартов, регламентирующих определение основных показателей качества хлопкового волокна, с требованиями международных стандартов ISO и ASTM. Особое внимание уделено методам определения длины волокна, массовой доли влаги, цвета и внешнего вида, содержания пороков и сорных примесей, линейной плотности, а также клейкости*

хлопкового волокна. Основной целью исследования является разработка научно-практических основ поэтапной гармонизации национальных стандартов с международными требованиями и совершенствование системы оценки качества хлопкового волокна. В исследовании использованы методы сравнительного анализа нормативно-технических документов, изучения международных стандартов и оценки результатов лабораторных испытаний. В результате выявлены основные технические и методические различия между национальными и международными стандартами, а также разработаны новые национальные стандарты по определению показателей качества хлопкового волокна. Их гармонизация с международными требованиями будет способствовать повышению точности и достоверности оценки качества продукции, совершенствованию лабораторных испытаний, снижению технических барьеров во внешней торговле и повышению конкурентоспособности хлопкового волокна и продукции из него на международных рынках. Кроме того, предложенный подход имеет важное научно-практическое значение для повышения экспортного потенциала страны, расширения возможностей выхода на внешние рынки и обеспечения устойчивого развития хлопково-текстильной отрасли.

Ключевые слова: *хлопковое волокно, национальный стандарт, продукция, ISO, ASTM, международные стандарты, стандартизация, гармонизация, инфраструктура качества, экспорт, конкурентоспособность.*

Abstract. *This article analyzes the current state of standardization of cotton fiber products in Uzbekistan, the level of harmonization of national standards with international requirements, and prospects for their further improvement. The study provides a comparative analysis of national standards governing methods for determining the main quality parameters of cotton fiber against the requirements of international ISO and ASTM standards. Particular attention is paid to methods for determining fiber length, moisture content, color and appearance, the content of defects and foreign matter, linear density, and cotton fiber stickiness. The main objective of the study is to develop scientific and practical foundations for the gradual harmonization of national standards with international requirements and to improve the quality assessment system for cotton fiber. The study employs comparative analysis of regulatory and technical documents, examination of international standards, and evaluation of laboratory test results. The results identify the main technical and methodological differences between national and international standards. New national standards for determining cotton fiber quality parameters have also been developed. Their harmonization with international requirements will contribute to improving the accuracy and reliability of product quality assessment, enhancing laboratory testing procedures, reducing technical barriers to international trade, and increasing the competitiveness of cotton fiber and cotton fiber products in international markets. Furthermore, the proposed approach is of significant scientific and practical importance for increasing the country's export potential, expanding access to international markets, and ensuring the sustainable development of the cotton and textile industry.*

Keywords: *cotton fiber; cotton fiber products; national standards; international standards; ISO; ASTM; standardization; standards harmonization; quality infrastructure; export potential; competitiveness.*

Kirish. Paxtachilik O‘zbekiston iqtisodiyotining strategik ahamiyatga ega tarmoqlaridan biri bo‘lib, mamlakatning sanoat va eksport salohiyatini yuksaltirishda muhim o‘rin tutadi. Respublikada paxta yetishtirish, uni qayta ishlash va yuqori qo‘shilgan qiymatga ega tayyor to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarish davlat iqtisodiy siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. So‘nggi yillarda sohada amalga oshirilayotgan tarkibiy islohotlar natijasida paxta-to‘qimachilik klasterlari faoliyati kengaydi, zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari joriy

etishda, hamda eksportbop mahsulotlar turlari ko‘paytirildi. Bu esa mahsulot sifati va xavfsizligini xalqaro talablar darajasida ta’minlashni yanada dolzarb masalaga aylantirdi.

Iqtisodiyot sharoitida mahsulotlarning xalqaro bozorlarga chiqishi ularning texnik reglamentlar, standartlar va muvofiqlikni baholash talablariga qay darajada javob berish bilan bevosita bog‘liq. Jahon savdo tizimida mahsulot sifati va xavfsizligiga oid talablar yildan-yilga qat’iylashib bormoqda. Shu bois eksportga yo‘naltirilgan mahsulotlar uchun xalqaro standartlarga muvofiqlikni ta’minlash nafaqat texnik, balki iqtisodiy ahamiyatga ham ega. Ayniqsa, paxta tolasi va undan tayyorlangan mahsulotlar sifatiga nisbatan qo‘yiladigan talablarning xalqaro mezonlar asosida baholanishi tashqi bozorlarda mahsulot raqobatbardoshligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi [1, 2]. Bugungi kunda paxta tolasi sifati ISO va ASTM kabi xalqaro standartlashtirish tashkilotlari tomonidan ishlab chiqilgan talablar asosida baholanadi. ISO standartlari mahsulot sifati, sifat menejmenti tizimi, sinov laboratoriyalari kompetentligi, o‘lchashlarning aniqligi va muvofiqlikni baholash jarayonlarini xalqaro standartlari paxta tolasining fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash bo‘yicha zamonaviy sinov usullarini belgilaydi. Mazkur standartlar xalqaro savdoda mahsulotlarning sifatini bir xil mezonlar asosida baholash imkonini berib, davlatlar o‘rtasidagi texnik to‘siqlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Xalqaro standartlar bilan uyg‘unlashtirish tashqi savdo samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash, sertifikatlashtirish jarayonlarini soddalashtirish, hamda xalqaro bozorlarda raqobatbardoshlikni kuchaytirishga xizmat qilishini ko‘rsatadi. Shuningdek, xalqaro tajriba standartlarni uyg‘unlashtirish sifat infratuzilmasini rivojlantirish, laboratoriyalar faoliyatini takomillashtirish va innovasion texnologiyalarni joriy etish uchun ham muhim omil ekanligini tasdiqlaydi. Biroq adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston paxta tolasi mahsulotlariga oid milliy standartlarni xalqaro talablari bilan qiyosiy baholash, ular o‘rtasidagi farqlarni tizimli ravishda aniqlash va ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar yetarli darajada emas. Mavjud tadqiqotlarning aksariyati alohida standartlar yoki mahsulot sifatini baholash usullariga bag‘ishlangan bo‘lib, standartlashtirish tizimini kompleks ravishda takomillashtirish masalalari yetarlicha yoritilmagan. Mazkur holat ushbu tadqiqotning dolzarbligi va ilmiy ahamiyatini belgilaydi. Paxta tolasi sifat ko‘rsatkichlarini baholashning milliy va xalqaro mezonlarini o‘zaro muvofiqlashtirish, zamonaviy sinov metodlarini milliy standartlarga joriy etish va standartlashtirish tizimining samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy asoslangan yondashuvlarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Tadqiqot natijalari milliy standartlashtirish tizimini takomillashtirish, sinov laboratoriyalarining xalqaro talablarga muvofiqligini oshirish, mahsulot sifatini baholashning ishonchliligini ta’minlash va mamlakatning paxta-to‘qimachilik mahsulotlari eksportini kengaytirish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Nazariy tadqiqodlar. Mazkur tadqiqotda O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlarini standartlashtirish tizimini xalqaro talablar bilan uyg‘unlashtirish imkoniyatlarini baholash maqsadida kompleks metodologik yondashuv qo‘llanildi. Qiyosiy tahlil usuli orqali paxta tolasiga oid O‘zbekiston milliy standartlarining ISO va ASTM xalqaro standartlari talablariga muvofiqlik darajasi baholandi hamda mavjud farqlar aniqlandi. Xalqaro standartlar asosida milliy standartlashtirish tizimidagi mavjud kamchiliklar, texnik tafovutlar va takomillashtirishni talab etuvchi yo‘nalishlar belgilab berildi [3, 4, 5]. Tadqiqotda paxta tolasi sifat ko‘rsatkichlarini baholash, sinov usullari, namuna olish tartiblari, laboratoriya faoliyatiga qo‘yiladigan talablar va muvofiqlikni baholash jarayonlarini tartibga soluvchi normativ-texnik hujjatlar tahlil qilindi. Shuningdek, standartlashtirish sohasidagi ilmiy tadqiqotlar va xalqaro tajribalar o‘rganildi. Tadqiqot ob’yekti sifatida paxta tolasi va undan tayyorlanadigan mahsulotlarga oid amaldagi O‘zbekiston milliy standartlari, shuningdek, ISO va ASTM tomonidan ishlab chiqilgan xalqaro standartlar tanlandi. Olingan natijalar asosida paxta tolasi mahsulotlari uchun milliy standartlarni xalqaro talablar bilan uyg‘unlashtirish modeli ishlab chiqildi. Asosan paxta tolasining metod va tahlillaridan namligi, nuqson va iflos aralashmalar, chiziqli zichligi, mikroneyr ko‘rsatkichi, tashqi ko‘rinishi bo‘yicha aniqlash, uzunligi, nepslar sonini aniqlash va shunga o‘xshash qator ko‘rsatkichlari uchun xalqaro standartlarini izlab, tarjima qilinib, o‘rganildi.

Xalqaro standartlarni izlanish va o‘rganishda quyidagi standartlarni havola qilindi.

- ASTM D 2495-07 Standard Test Method for Moisture in Cotton by Oven-Drying (Paxta tolasining namligini quritish shkafida aniqlashning standart usuli);

- ASTM D1684-07 Standard Practice for Lighting Cotton Classing Rooms for Color Grading (Paxta tolasining rang tasniflanishi o‘tkazish uchun klassyor xonalarini yoritishning standart amaliyoti);

- ASTM D1447-07 Standard Test Method for Length and Length Uniformity of Cotton Fibers by Photoelectric Measurement (Paxta tolasining uzunligini va uzunlik bo‘yicha bir xillik indeksi fotoelektrik o‘lchashlar bo‘yicha aniqlashning standart usuli);

- ISO 1973-2021 Textile fibres — Determination of linear density — Gravimetric method and vibroscope method,

- EN 14278-1:2004 Textiles – Determination of cotton fibre stickiness – Part 1: Method using a manual thermodetection device Yevropa standartiga nisbatan "EN 20139 (ISO 139:1973) Textiles - standard atmospheres for conditioning and testing;

- ASTM D2812-07 Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton (Paxta tolasi tarkibidagi nuqsonlar va iflos aralashmalarning miqdorini aniqlashning standart usuli) Shirley paxta analizatorida nuqsonlar va iflos aralashmalarning massaviy ulushini aniqlashga tegishli va ASTM D5866 -12 Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers (Paxta tolasidagi nepslar miqdorini aniqlashning standart usuli) xalqaro standartlari o`rganildi [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Tajribaviy izlanishlar. Tadqiqot natijalari va o‘tkazilgan izlanishlar asosida O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlari uchun milliy standartlarni ISO va ASTM xalqaro standartlari talablari bilan uyg‘unlashtirishga qaratilgan loyihalar taklif etildi. Mazkur loyihalar milliy standartlashtirish tizimini takomillashtirish, mahsulot sifatini xalqaro mezonlar asosida baholash va eksport salohiyatini oshirishga yo‘naltirilgan kompleks yondashuvni ifodalaydi.

O'z DSt 634:2021 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. Paxta tolasi. Namlikning massaviy nisbatini aniqlash usullari paxta tolasining namligini quritish shkafida aniqlash qismida ASTM D 2495-07 Standard Test Method for Moisture in Cotton by Oven-Drying xalqaro standart bilan uyg‘unlashgan. O'z DSt 629:2021 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. Paxta tolasi. Rangi va tashqi ko‘rinishini aniqlash usullari standart sun'iy yoritish ostida paxta tolasini tasniflash xonasiga bo‘lgan talablar qismida ASTM D1684-07 Standard Practice for Lighting Cotton Classing Rooms for Color Grading xalqaro standart bilan uyg‘unlashgan. O'z DSt 633:2021 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. Paxta tolasi. Uzunlikni aniqlash usullari” standarti fibrografda tolaning uzunligini o‘lchash qismida ASTM D1447-07 Standard Test Method for Length and Length Uniformity of Cotton Fibers by Photoelectric Measurement mos keladi. O'z DSt 620:2014 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. To`qimachilik materiallari. Chiziqli zichlikni aniqlash usullari standart ISO 1973-2021 Textile fibres — Determination of linear density — Gravimetric method and vibroscope method xalqaro standart bilan uyg‘unlashgan. Izoh 1. To‘qimachilik sanoati laboratoriyalarida sinovlar o‘tkazishda qo‘llaniladigan tortish kuchi tolaning chiziqli zichligi yoki ko‘ndalang kesim maydoniga bog’liq bo‘ladi. Izoh 2. ISO va IEC quyidagi manzillar bo‘yicha standartlashtirishda foydalanish uchun ma’lumotlarning terminologik bazalari:

- ISO internet platformasi: https://www.iso.org/obp;

- IEC Electropedia: http://www.electropedia.org/ [13, 14].

O'z DSt 3189:2017 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. Ushbu standart EN 14278-1:2004 Textiles – Determination of cotton fibre stickiness – Part 1: Method using a manual thermodetection device Yevropa standartiga nisbatan "EN 20139 (ISO 139:1973) Textiles - standard atmospheres for conditioning and testing noaktiv me'yoriy hujjatga havolani amaldagi QA ilovasini kiritish yo‘li bilan modifikatsiyalashtirilgan. EN 14278-1:2004 standarti CEN/TC 248 "Textiles and textile products" Texnik qo‘mitasi tomonidan tayyorlangan va quyidagi mamlakatlarda joriy etilgan: Avstriya, Belgiya, Kipr, Chexiya, Daniya, Estoniya,

Finlyandiya, Frantsiya, Germaniya, Gretsiya, Vengriya, Islandiya, Irlandiya, Italiya, Latviya, Litva, Lyuksemburg, Malta, Niderlandi, Norvegiya, Polsha, Portugaliya, Slovakiya, Sloveniya, Ispaniya, Shvetsiya, Shveytsariya va Buyuk Britaniya [15].

O'z DSt 632:2021 o'rniga ishlab chiqilgan va sinovlarni o`tkazishda ishlatiladi. Paxta tolasi. Nuqsonlar va iflos aralashmalar miqdorini aniqlash usullari" standarti ASTM D2812-07 Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton (Paxta tolasi tarkibidagi nuqsonlar va iflos aralashmalarning miqdorini aniqlashning standart usuli) Shirley paxta analizatorida nuqsonlar va iflos aralashmalarning massaviy ulushini aniqlashga tegishli va ASTM D5866 -12 Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers (Paxta tolasidagi nepslar miqdorini aniqlashning standart usuli) SITC tizimlarida SITC nepslar miqdorini aniqlashga tegishli xalqaro standartlarning asosiy qoidalari keltirilgan. ASTM D2812-07 Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton (Paxta tolasi tarkibidagi nuqsonlar va iflos aralashmalarning miqdorini aniqlashning standart usuli) Shirley paxta analizatorida nuqsonlar va iflos aralashmalarning massaviy ulushini aniqlashga tegishli va ASTM D5866 -12 Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers (Paxta tolasidagi nepslar miqdorini aniqlashning standart usuli) SITC tizimlarida SITC nepslar miqdorini aniqlashga tegishli xalqaro standartlarning asosiy qoidalari keltirilgan. Yuqorida keltirilgan milliy standarlar loyihalari Qishloq xo‘jaligi Vazirligi tasaruffidagi 26-sonli "Qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat mahsulotlari" Standartlashtirish texnik qo‘mitasi tomonidan quyidagi tashkilotlarga milliy standartlarga o‘z fikrlarini bildirish uchun xatlar olingan.

Natijalar tahlili. O‘tkazilgan qiyosiy tahlil natijasida O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlarini standartlashtirish tizimi va xalqaro standartlari talablari o‘rtasida bir qator farqlar mavjudligi aniqlandi. Tahlil jarayonida, avvalo, paxta tolasining sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashda qo‘llaniladigan sinov usullarida muayyan tafovutlar mavjudligi qayd etildi. Bundan tashqari, raqamli kuzatuvchanlik (traceability) mexanizmlarining yetarli darajada rivojlanmaganligi mahsulot sifati to‘g‘risidagi ma'lumotlarning shaffofligi va xalqaro tan olinishiga ta'sir qiluvchi omillardan biri ekanligi aniqlandi. Muvofiqlikni baholash, sertifikatlashtirish va sifat nazorati jarayonlaridagi mavjud farqlar ham milliy standartlarni xalqaro talablar bilan uyg‘unlashtirish zarurligini ko‘rsatdi. Milliy standartlar O‘zbekiston Standartlar institutining 2026-yil 2-iyuldagi 22/MSt-26-son buyrug‘i bilan tasdiqlanganini va davlat ro‘yxatiga olinganini hamda mazkur milliy standartlar 2026-yil 2-sentabrdan O‘zbekiston Respublikasi hududida amalga kiritilishini ma'lum qildi.

Ro‘yxatdan o‘tkazilgan milliy standarlar nomlanishi qo‘yidagicha:

- O‘zMSt 938:2026 Paxta tolasi. Uzunlikni aniqlash usullari;
- O‘zMSt 939:2026 Paxta tolasi. Namlikning massaviy nisbatini aniqlash usullari;
- O‘zMSt 940:2026 Paxta tolasi. Rangi va tashqi ko‘rinishini aniqlash usullari;
- O‘zMSt 941:2026 Paxta tolasi. Nuqsonlar va ifos aralashmalar miqdorini aniqlash usullar.
- O‘zMSt 955:2026 Paxta tolasi. To‘qimachilik materiallari. Chiziqli zichlikni aniqlash usullari;
- O‘zMSt 956:2026 Paxta tolasi. To‘qimachilik. Paxta tolasining shiradorligini aniqlash. Qo‘l termodetektori bilan aniqlash usuli.



1. Rasm. Paxta tolasining sifat ko‘rsatkichlarini laboratoriya sharoitida aniqlash

Paxta tolasi mahsulotlari uchun milliy standartlarni ISO va ASTM xalqaro standartlari talablari bilan uyg‘unlashtirish mamlakat iqtisodiyotining turli tarmoqlariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi kutilmoqda. Avvalo, xalqaro talablarga muvofiq standartlarning joriy etilishi mahsulot sifatiga bo‘lgan ishonchni oshiradi va O‘zbekistonda ishlab chiqarilgan paxta tolasi hamda undan tayyorlangan mahsulotlarning tashqi bozorlarda raqobatbardoshligini mustahkamlaydi. Bu esa yangi eksport bozorlariga chiqish imkoniyatlarini kengaytiradi hamda eksport hajmining barqaror o‘sishiga xizmat qiladi. Standartlarni uyg‘unlashtirishning muhim iqtisodiy natijalaridan biri tashqi savdoda mavjud texnik to‘siqlarni kamaytirish hisoblanadi. Milliy standartlar xalqaro talablarga mos bo‘lgan taqdirda, eksport qiluvchi korxonalar mahsulotlarini xorijiy bozorlarda qayta sinovdan o‘tkazish yoki qo‘shimcha sertifikatlashtirish zaruratiga kamroq duch keladi. Natijada mahsulotni tashqi bozorlarga yetkazib berish muddati qisqaradi, sertifikatlashtirish va laboratoriya sinovlari bilan bog‘liq xarajatlar kamayadi hamda tashqi iqtisodiy faoliyat samaradorligi oshadi. Umuman olganda, milliy standartlarni ISO va ASTM talablari bilan uyg‘unlashtirish O‘zbekiston paxta va to‘qimachilik sanoatining barqaror rivojlanishida muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur jarayon eksport hajmini oshirish, texnik to‘siqlarni va qo‘shimcha xarajatlarni kamaytirish, mahsulot sifatining barqarorligini ta’minlash, xalqaro muvofiqlikni baholash natijalarining tan olinishini kengaytirish hamda mamlakatning investitsiyalarini oshirishga xizmat qiladi. Natijada O‘zbekiston paxta mahsulotlarining xalqaro bozorlardagi raqobatbardoshligi yanada mustahkamlanadi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlarini standartlashtirish tizimining amaldagi holati ISO va ASTM xalqaro standartlari talablari bilan qiyosiy tahlil qilindi. Tahlil natijalari milliy va xalqaro standartlar o‘rtasida mahsulot sifatini baholash usullari, namuna olish tartibi, laboratoriya sinovlarini tashkil etish, muvofiqlikni baholash va sinov natijalarining xalqaro tan olinishi bo‘yicha muayyan tafovutlar mavjudligini ko‘rsatdi. Ushbu tafovutlar milliy standartlashtirish tizimini yanada takomillashtirish va uni xalqaro talablarga bosqichma-bosqich moslashtirish zarurligini asoslaydi. Tadqiqot doirasida shuni ko‘rsatadiki, milliy standartlarni ISO va ASTM talablari bilan uyg‘unlashtirish nafaqat mahsulot sifati va xavfsizligini oshirishga, balki mamlakatning eksport salohiyatini kengaytirishga ham xizmat qiladi. Xalqaro standartlar asosida ishlab chiqarilgan va baholangan paxta tolasi mahsulotlari tashqi bozorlarda yuqori ishonchga ega bo‘ladi, texnik to‘siqlar kamayadi, sertifikatlashtirish jarayonlari soddalashadi va xalqaro hamkorlik uchun qo‘shimcha imkoniyatlar yaratiladi. Bu esa mahalliy ishlab chiqaruvchilarning jahon bozoridagi raqobatbardoshligini oshirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Umuman olganda, O‘zbekistonda paxta tolasi mahsulotlari uchun milliy standartlarni ISO va ASTM talablari bilan uyg‘unlashtirish mamlakat sifat infratuzilmasini xalqaro darajaga olib chiqish, eksport geografiyasini kengaytirish, mahsulotlarning xalqaro raqobatbardoshligini oshirish va to‘qimachilik sanoatining barqaror rivojlanishini ta’minlashda muhim strategik ahamiyatga ega.

Refrence

1. O‘zbekiston Respublikasining «Standartlashtirish to‘g‘risida»gi Qonuni.
2. Vazirlar Mahkamasining 2024 yil 30 martdagi 177-sonli qarori.
3. ISO/IEC 17025:2017. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.
4. ASTM International. Annual Book of ASTM Standards. Textiles.
5. International Cotton Advisory Committee. Cotton Testing Methods.
6. ASTM D 2495-07 Standard Test Method for Moisture in Cotton by Oven-Drying
7. ASTM D1684-07 Standard Practice for Lighting Cotton Classing Rooms for Color Grading
8. ASTM D1447-07 Standard Test Method for Length and Length Uniformity of Cotton Fibers by Photoelectric Measurement

9. ISO 1973-2021 Textile fibres — Determination of linear density — Gravimetric method and vibroscope method;
10. EN 14278-1:2004 Textiles – Determination of cotton fibre stickiness – Part 1: Method using a manual thermodetection device Yevropa standartiga nisbatan "EN 20139 (ISO 139:1973) Textiles - standard atmospheres for conditioning and testing;
11. ASTM D 2812-07 Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton
12. ASTM D 5866 -12 Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers
13. ISO internet platformasi: https://www.iso.org/obp;
14. IEC Electropedia: http://www.electropedia.org/
15. www. paxta.uz.

UDK: 677.37:677.021.15

ISSIQ HAVO BILAN DASTLABKI ISHLOV BERILGAN XITOY DURAGAY PILLALARINING MIKROSTRUKTURAVIY TAHLILI

Esanova Nozakat Burxanovna
Academy of the Ministry of Emergency Situations

Annotatsiya. *Mazkur maqolada issiq havo yordamida dastlabki ishlov berilgan Xitoy duragay pillalarining tashqi va ichki qatlamlaridagi ipak tolalarining mikrostrukturaviy holati tadqiq etilgan. Namunalar 90 va 100 °C haroratlarda 1; 1,5 va 2 soat davomida issiq havo bilan ishlov berilib, pilla qobig‘ining tashqi va ichki qatlamlari mikroskopik usulda qiyosiy tahlil qilindi. Tadqiqot davomida tolalarning joylashish zichligi, o‘zaro kesishishi, ustma-ust joylashishi, tolalar orasidagi ochiq bo‘shliqlar hamda ayrim namunalardagi tola diametrlari baholandi. Mikroskopik kuzatuvlarda tashqi qatlamlarning nisbatan zich, ko‘p qatlamli va murakkab to‘rsimon tuzilishga, ichki qatlamlarning esa siyrakroq tuzilishga va kattaroq ochiq bo‘shliqlarga ega ekanligi aniqlandi. 90 °C haroratda 1,5 soat ishlov berilgan tashqi qatlamda o‘lchangan tolalar diametri 0,02–0,03 mm diapazonda bo‘lib, beshta o‘lchovning o‘rtacha qiymati 0,028 mm ni tashkil etdi. O‘rganilgan 90–100 °C harorat va vaqt rejimlarida pilla qobig‘ining umumiy tolali karkasida keskin parchalanish yoki ommaviy uzilish belgilari kuzatilmadi. Olingan natijalar pilla qobig‘ining mikrostrukturaviy xususiyatlarini saqlashda issiq havo bilan ishlov berish harorati va davomiyligini to‘g‘ri tanlash muhimligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *Xitoy duragay pillasi, pilla qobig‘i, ipak tolasi, issiq havo, dastlabki ishlov berish, mikrostruktura, tashqi qatlam, ichki qatlam, seritsin, fibroin, tola diametri.*

Аннотация. *В статье исследовано микроструктурное состояние шелковых волокон наружного и внутреннего слоев коконов китайского гибрида после предварительной обработки горячим воздухом. Образцы подвергались воздействию горячего воздуха при температурах 90 и 100 °C в течение 1; 1,5 и 2 часов, после чего наружные и внутренние слои оболочки кокона были исследованы и сопоставлены микроскопическим методом. В ходе исследования оценивались плотность расположения волокон, характер их взаимного пересечения и наложения, открытые промежутки между волокнами, а также диаметр волокон в отдельных образцах. Микроскопические наблюдения показали, что наружные слои имеют относительно плотную, многослойную и сложную сетчатую структуру, тогда как внутренние слои характеризуются более разреженным расположением волокон и более крупными открытыми промежутками. В наружном слое, обработанном при температуре 90 °C в течение 1,5 часа, диаметр исследованных волокон находился в диапазоне 0,02–0,03 мм, а среднее значение пяти измерений составило 0,028 мм. При исследованных режимах температуры 90–100 °C и продолжительности обработки признаков резкого разрушения или массового разрыва общего волокнистого каркаса оболочки кокона не выявлено. Полученные результаты*

показывают важность правильного выбора температуры и продолжительности обработки горячим воздухом для сохранения микроструктурных свойств оболочки кокона.

Ключевые слова: *кокон китайского гибрида, оболочка кокона, шелковое волокно, горячий воздух, предварительная обработка, микроструктура, наружный слой, внутренний слой, серицин, фиброин, диаметр волокна.*

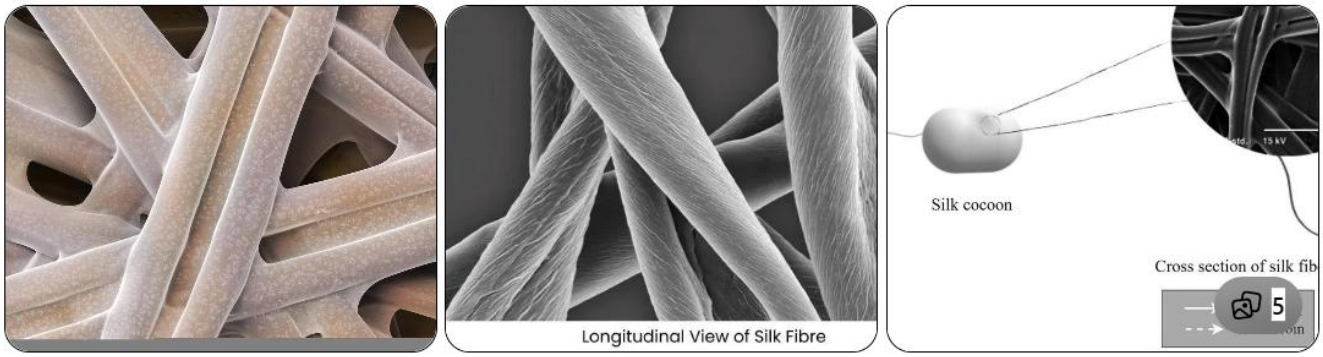
Abstract. *This article investigates the microstructural condition of silk fibers in the outer and inner layers of Chinese hybrid cocoons after hot-air pretreatment. The samples were treated with hot air at temperatures of 90 and 100 °C for 1, 1.5, and 2 hours, after which the outer and inner layers of the cocoon shell were comparatively examined using microscopic observations. The study evaluated fiber arrangement density, fiber intersections and overlapping, open spaces between fibers, and fiber diameters in selected samples. Microscopic observations showed that the outer layers had a relatively dense, multilayered, and complex network structure, whereas the inner layers exhibited a looser structure with larger open spaces between fibers. In the outer layer treated at 90 °C for 1.5 hours, the measured fiber diameters ranged from 0.02 to 0.03 mm, with an average value of 0.028 mm based on five measurements. Under the investigated temperature range of 90–100 °C and treatment durations, no pronounced structural destruction or extensive fiber breakage was observed in the overall fibrous framework of the cocoon shell. The obtained results indicate that the appropriate selection of hot-air treatment temperature and duration is important for preserving the microstructural characteristics of the cocoon shell.*

Keywords: *Chinese hybrid cocoon, cocoon shell, silk fiber, hot air, pretreatment, microstructure, outer layer, inner layer, sericin, fibroin, fiber diameter.*

Kirish. Pilla yetishtirish va unga dastlabki ishlov berishning asosiy maqsadi pilla chuvish korxonalarini sifatli xomashyo bilan ta’minlash, pillaning texnologik xususiyatlarini imkon qadar saqlagan holda uni uzoq muddat saqlash imkoniyatini yaratishdan iborat. Tirik pillani dastlabki ishlash jarayonining muhim bosqichlari g‘umbakni jonsizlantirish va pilladagi ortiqcha namlikni kamaytirishdir. G‘umbakning o‘z vaqtida jonsizlantirilishi kapalakka aylanish va pilla qobig‘ining zararlanishining oldini oladi, quritish esa saqlash davrida mog‘orlanish va sifatning yomonlashish xavfini kamaytiradi [4,5]. Issiq havo bilan ishlov berish jarayonida harorat va vaqtning to‘g‘ri tanlanishi alohida ahamiyatga ega. Haddan tashqari intensiv issiqlik ta’siri pilla qobig‘ining oqsil komponentlari, xususan fibroin va seritsinning holatiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli dastlabki ishlov rejimlarini baholashda faqat g‘umbakning jonsizlantirilishi emas, balki pilla qobig‘i mikrostrukturasi, tolalararo bog‘lanish va geometrik xususiyatlarning saqlanishi ham muhim mezon hisoblanadi [4,6]. Tabiiy ipak ishlab chiqarishda pilla xomashyosining sifat ko‘rsatkichlari yakuniy mahsulot xususiyatlarini belgilovchi muhim omillardan hisoblanadi. Pilla qobig‘i fibroin tolalari va ularni biriktirib turuvchi seritsindan tashkil topgan murakkab tabiiy kompozit tuzilma hisoblanadi [1, 6, 15]. Pilla qobig‘ining qalinligi, zichligi, g‘ovakdorligi, tolalarning joylashish xususiyatlari hamda qatlamlar o‘rtasidagi strukturaviy farqlar uning fizik-mexanik va texnologik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatadi [6, 11, 12, 15]. Ipakning asosiy strukturaviy oqsili fibroin bo‘lib, seritsin fibroin tolalarini o‘zaro biriktiruvchi tabiiy yopishtiruvchi komponent vazifasini bajaradi [1–3, 8]. Fibroinning molekulyar va supramolekulyar tuzilishi ipak tolasining mustahkamligi va mexanik xususiyatlarini belgilashda muhim ahamiyatga ega [7, 9–12]. Seritsin esa tolalar orasidagi bog‘lanish, pilla qobig‘ining yaxlitligi va uning strukturaviy xususiyatlarining shakllanishida ishtirok etadi [2, 3, 8].

Pilla qobig‘i bir xil tuzilishga ega bo‘lmay, ko‘p qatlamli va anizotrop tolali struktura bilan tavsiflanadi. Uning turli qatlamlarida tolalarning yo‘nalishi, zichligi, g‘ovakdorligi va mexanik xususiyatlari farqlanishi mumkin [6, 15]. Shu sababli pilla qobig‘ining tashqi va ichki qatlamlarini alohida mikroskopik o‘rganish uning texnologik xususiyatlarini yanada to‘liq baholash imkonini beradi. Pillalarni dastlabki qayta ishlash jarayonida issiqlik ta’siri alohida ahamiyat kasb etadi. Pilla g‘umbagini jonsizlantirish usuli keyinchalik olinadigan fibroin materialining ayrim

xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ilmiy tadqiqotlarda ko‘rsatilgan [4]. Issiq havo yordamida quritishda esa harorat va quritish sharoitlari namlikning chiqarilishi hamda pilla sifatining saqlanishida muhim texnologik omillar hisoblanadi [5]. Shu nuqtai nazardan, harorat va issiqlik ta’sirining davomiyligi pilla qobig‘idagi tolalarning o‘zaro joylashuvi, tolalararo bog‘lanish va strukturaviy holatiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bunday o‘zgarishlarni mikroskopik usulda o‘rganish issiq havo bilan dastlabki ishlov berishning maqbul rejimlarini asoslash uchun muhimdir [4, 5, 15]. Mazkur ishning maqsadi issiq havo bilan turli rejimlarda ishlov berilgan Xitoy duragay pillalarining tashqi va ichki qatlamlarini mikroskopik tasvirlar asosida qiyosiy tahlil qilish, tolalarning joylashish xarakterini va mavjud o‘lchovlar bo‘yicha tola diametri diapazonini baholashdan iborat.



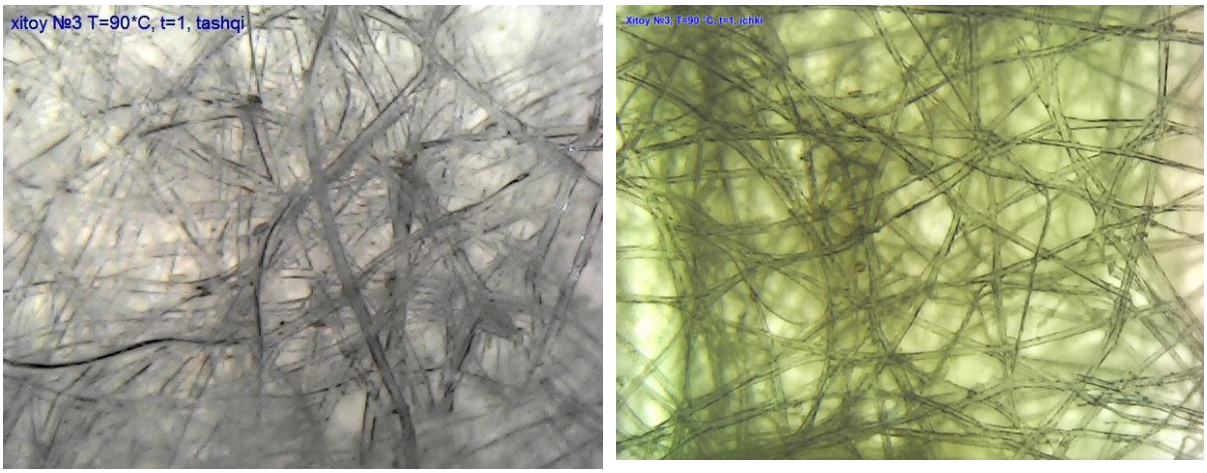
1-rasm. Ipak tolasining mikroskopik ko‘rinishlari

Tadqiqot materiallari va usullari.

Tadqiqot obyekti sifatida Xitoy duragay pillalari olindi. Namunalar 90, 100 °C haroratlarda hamda t=1; 1,5; 2 soat vaqt davomiyliklarda issiq havo yordamida dastlabki ishlovdan o‘tkazilgan. Har bir rejim bo‘yicha mavjud tashqi va ichki qatlam namunalari mikroskop ostida kuzatildi.

Mikroskopik tahlilda tolalarning joylashish zichligi, o‘zaro kesishish xarakteri, ustma-ust joylashishi, tolalar orasidagi ochiq bo‘shliqlar va tasvirlarda mavjud individual o‘lchovlar qayd etildi. Pilla qobig‘ining tolali va ko‘p qatlamli tuzilishini baholashda ipak pillalarining mikrostrukturasi haqidagi ilmiy ma’lumotlar bilan qiyosiy yondashuv qo‘llanildi [6, 15].

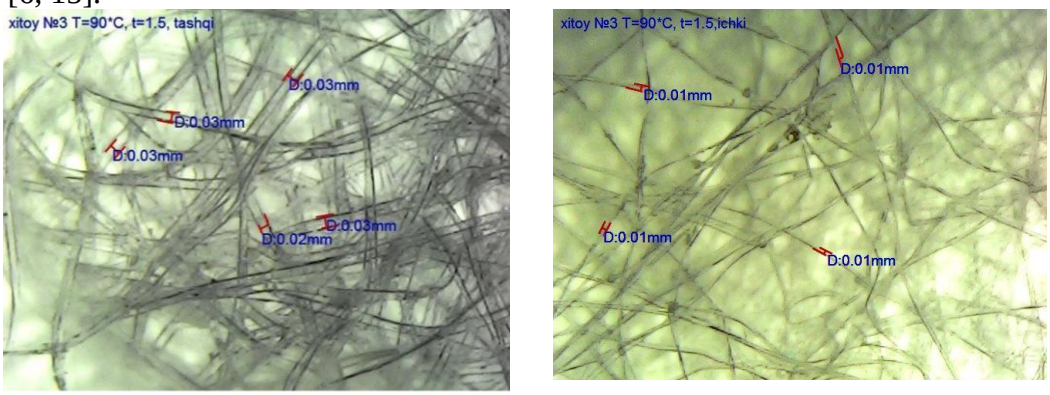
Natijalar va muhokama. Tadqiqotda dastlabki ishlov berilgan Xitoy duragay pillalarining tashqi va ichki qatlamlaridan namunalar olinib, ularning mikroskopik tuzilishi o‘rganildi. Asosiy e’tibor issiq havo yordamida jonsizlantirish jarayonidan so‘ng pilla qobig‘ining tolali karkasi, tolalarning morfologik ko‘rinishi va tolalararo bog‘lanishning saqlanishiga qaratildi. Seritsin fibroin tolalarini biriktirib turuvchi komponent bo‘lganligi sababli [1–3, 8], uning holati mikroskopik tasvirlarda tolalararo bog‘lanishning saqlanishi orqali faqat bilvosita baholandi.



2-rasm. Xitoy duragay pillasi, T=90 °C, t=1 tashqi qatlam (chapda) va ichki qatlam (o‘ngda).

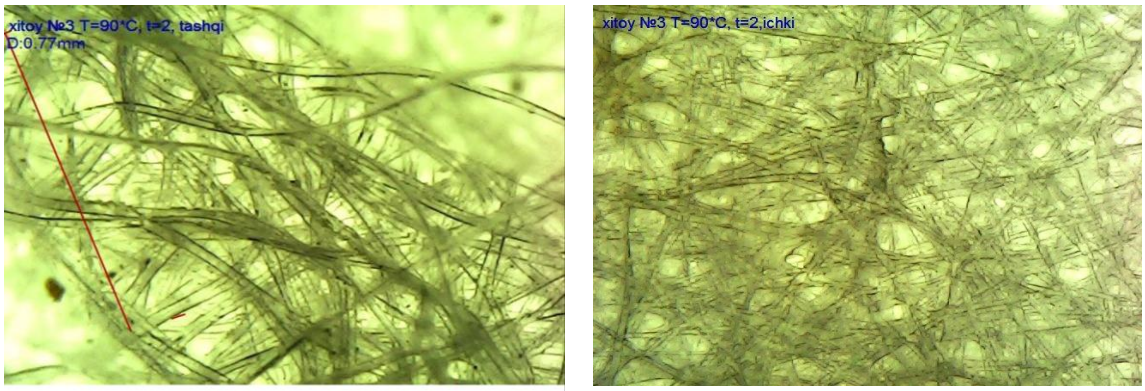
90 °C haroratdagi namunalar. Xitoy duragay pillasining 90 °C, t=1 tashqi qatlamida tolalar zich, ko‘p qatlamli va turli yo‘nalishlarda kesishgan holda kuzatildi. Ichki qatlamda esa tolalar orasidagi ochiq bo‘shliqlar nisbatan kattaroq ko‘rindi. Pilla qobig‘ining qatlamlari bo‘yicha bunday strukturaviy farqlanish tabiiy ipak pillasining ierarxik va ko‘p qatlamli tuzilishi haqidagi ilmiy ma’lumotlarga mos keladi [6, 15].

90 °C, t=1,5 rejimidagi tashqi qatlamda 0,02–0,03 mm diapazondagi tolalar qayd etildi va tolali karkasda keskin parchalanish yoki ommaviy uzilish belgilari kuzatilmadi. Shu rejimdagi ichki qatlamda taxminan 0,01 mm qiymatlar qayd etildi. Ushbu natijalar tashqi va ichki qatlamlar o‘rtasida geometrik va mikrostrukturaviy farqlar mavjudligini ko‘rsatadi. Pilla qobig‘i qatlamlari bo‘yicha tola zichligi va strukturaviy xususiyatlarning farqlanishi boshqa tadqiqotlarda ham qayd etilgan [6, 15].



3-rasm. Xitoy duragay pillasi, T=90 °C, t=1,5: tashqi qatlam (chapda) va ichki qatlam (o‘ngda). Har ikkala namunada 0,01–0,03 mm diapazon qayd etilgan

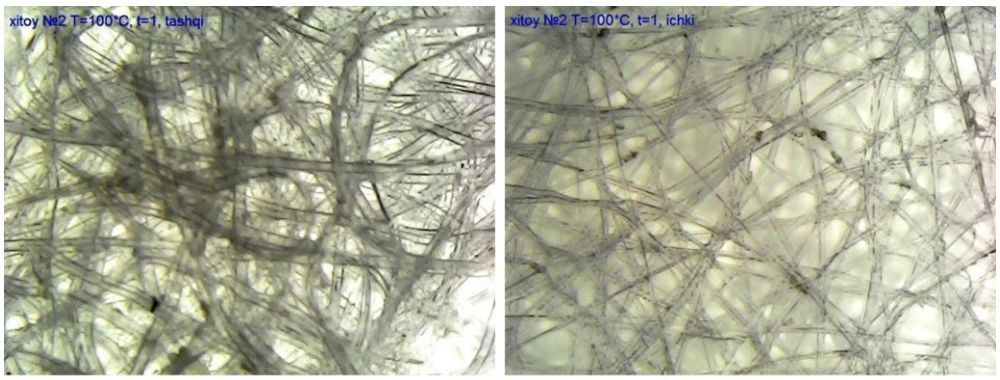
Xitoy duragayi 90°C, t=1,5 tashqi qatlamida o‘lchangan beshta tolaning arifmetik o‘rtachasi (0,03+0,03+0,03+0,02+0,03)/5 = 0,028 mm ni tashkil etdi. Ushbu qiymat aynan mazkur mikroshot bo‘yicha olingan eksperimental natija hisoblanadi. Mikroskopik tasvirlarda seritsinning kimyoviy tarkibi yoki molekulyar o‘zgarishi bevosita aniqlanmagan. Shu sababli uning holati tolalararo bog‘lanishning saqlanishiga qarab bilvosita baholandi. Seritsinning kimyoviy va strukturaviy holatini aniq baholash uchun spektroskopik, termik yoki boshqa fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanish talab etiladi [2, 3, 8].



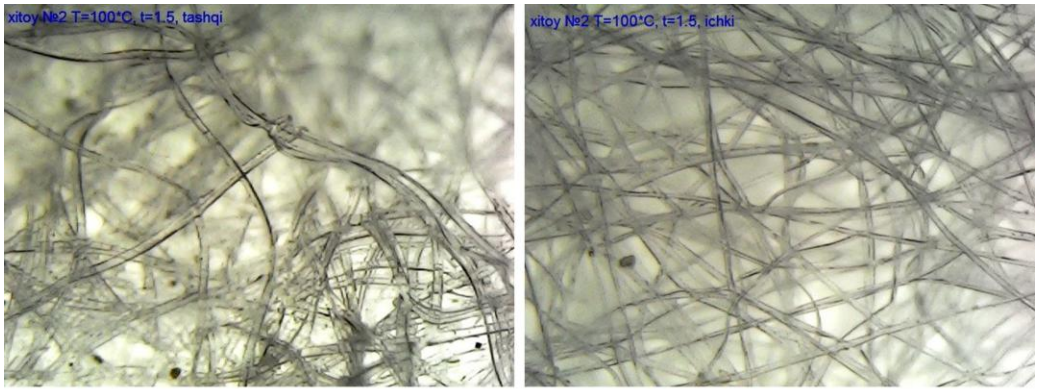
4-rasm. Xitoy duragay pillasi: T=90 °C, t=2 ichki qatlam (chapda) va tashqi qatlam (o‘ngda).

100 °C haroratdagi namunalar. Xitoy duragay pillasi 100 °C haroratda t=1; 1,5 va 2 rejimlarda kuzatildi. t=1 tashqi qatlamda tolalar zich va murakkab to‘rsimon struktura hosil qilgan bo‘lsa, ichki qatlamda ochiq bo‘shliqlar kattaroq va tolalar nisbatan siyrak joylashgan. t=1,5

rejimida ham tashqi qatlamning murakkab tolali tuzilishi saqlanib qolgan, ichki qatlamda esa tolalar bir-biridan aniqroq ajraladi.

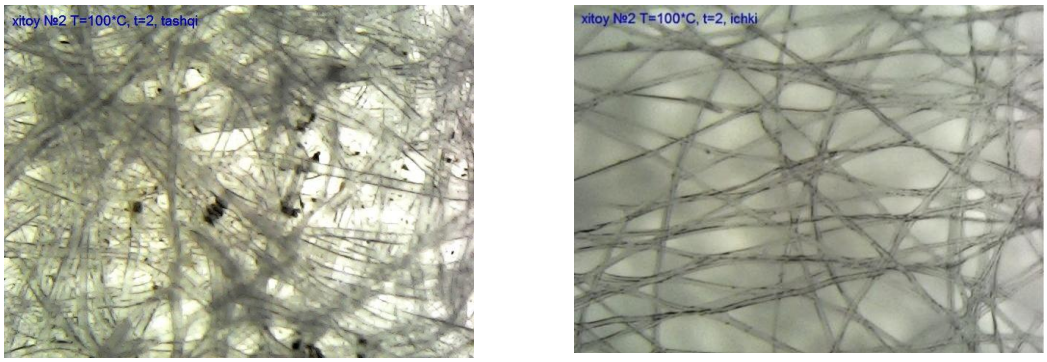


5-rasm. Xitoy duragay pillasi, T=100 °C, t=1: tashqi qatlam (chapda) va ichki qatlam (o‘ngda).



6-rasm. Xitoy duragay pillasi, T=100 °C, t=1,5: tashqi qatlam (chapda) va ichki qatlam (o‘ngda).

T=100 °C, t=2 rejimida mavjud ichki qatlam tasvirida tolalar orasidagi ochiq bo‘shliqlar yaqqol ko‘rinadi. Biroq faqat vizual tasvirlar asosida vaqt ortishi bilan tolalar zichligi kamayadi degan qat’iy sababiy xulosa chiqarish yetarli emas. Bunday baho uchun bir xil kattalashtirish, takroriy ko‘rish maydonlari va raqamli tasvir tahlili zarur.



7-rasm. Xitoy duragay pillasi, T=100 °C, t=2: tashqi qatlam (chapda) va ichki qatlam (o‘ngda).

Olib borilgan mikroskopik tadqiqotlar natijasida issiq havo bilan turli harorat va davomiyliklarda dastlabki ishlov berilgan Xitoy duragay pillalarining tashqi va ichki qatlamlari mikrostrukturasi o‘zaro farqlanishi aniqlandi. 90–100 °C harorat oralig‘ida va turli ishlov davomiyliklarida pilla qobig‘ining umumiy tolali karkasi saqlanib qolganligi, tolalarda keskin parchalanish yoki ommaviy uzilishi aniqlanmagan.

Mikroskopik tasvirlar tashqi va ichki qatlamlarning tolalar joylashishi hamda ochiq bo‘shliqlar miqdori bo‘yicha farqlanishini ko‘rsatdi. Pilla qobig‘ining qatlamlar bo‘yicha

mikrostrukturaviy, g‘ovaklik va mexanik xususiyatlarining farqlanishi ilmiy adabiyotlarda ham qayd etilgan [6, 15].

Xulosa. adqiqot natijalari Xitoy duragay pillalariga 90 va 100 °C haroratlarda issiq havo bilan dastlabki ishlov berilganda pilla qobig‘ining umumiy tolali karkasi o‘rganilgan rejimlarda saqlanib qolganligini ko‘rsatdi. Tashqi va ichki qatlamlar o‘rtasida tolalarning joylashishi, zichligi va ochiq bo‘shliqlar bo‘yicha mikrostrukturaviy farqlar aniqlandi.

90 °C, t=1,5 rejimida tashqi qatlamdagi o‘lchangan tolalar 0,02–0,03 mm diapazonda bo‘lib, beshta o‘lchovning o‘rtacha qiymati 0,028 mm ni tashkil etdi. Ichki qatlamda esa taxminan 0,01 mm qiymatlar qayd etildi.

Mikroskopik tasvirlarda tolalararo bog‘lanishning saqlanganligi seritsin holatini bilvosita baholash imkonini berdi. Biroq seritsin va fibroinda issiqlik ta’sirida yuz berishi mumkin bo‘lgan molekulyar o‘zgarishlarni faqat optik mikroskopik tasvirlar asosida aniqlash mumkin emas. Shu sababli keyingi tadqiqotlarda FTIR, DSC, SEM kabi qo‘shimcha tahlil usullaridan foydalanish, shuningdek, bir xil kattalashtirishda ko‘proq takroriy o‘lchovlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq [2–4, 10].

Reference

1. Mondal M., Trivedy K., Nirmal Kumar S. The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn. – A review. *Caspian Journal of Environmental Sciences.* 2007; 5(2): 63–76.
2. Kunz R.I., Brancalhão R.M.C., Ribeiro L.F.C., Natali M.R.M. Silkworm sericin: properties and biomedical applications. *BioMed Research International.* 2016; 2016: 8175701.
3. Cao T.-T., Zhang Y.-Q. Processing and characterization of silk sericin from *Bombyx mori* and its application in biomaterials and biomedicines. *Materials Science and Engineering: C.* 2016; 61: 940–952.
4. Aznar-Cervantes S.D., Pagan A., Monteagudo Santesteban B., Cenis J.L. Effect of different cocoon stifling methods on the properties of silk fibroin biomaterials. *Scientific Reports.* 2019; 9: 6703.
5. Singh P.L. Silk cocoon drying in forced convection type solar dryer. *Applied Energy.* 2011; 88(5): 1720–1726.
6. Chen F., Porter D., Vollrath F. Structure and physical properties of silkworm cocoons. *Journal of the Royal Society Interface.* 2012; 9: 2299–2308.
7. Vepari C., Kaplan D.L. Silk as a biomaterial. *Progress in Polymer Science.* 2007; 32(8–9): 991–1007.
8. Kundu S.C., Dash B.C., Dash R., Kaplan D.L. Natural protective glue protein, sericin bioengineered by silkworms: potential for biomedical and biotechnological applications. *Progress in Polymer Science.* 2008; 33(10): 998–1012.
9. Altman G.H., Diaz F., Jakuba C., Calabro T., Horan R.L., Chen J., Lu H., Richmond J., Kaplan D.L. Silk-based biomaterials. *Biomaterials.* 2003; 24(3): 401–416.
10. Rockwood D.N., Preda R.C., Yücel T., Wang X., Lovett M.L., Kaplan D.L. Materials fabrication from *Bombyx mori* silk fibroin. *Nature Protocols.* 2011; 6: 1612–1631.
11. Keten S., Xu Z., Ihle B., Buehler M.J. Nanoconfinement controls stiffness, strength and mechanical toughness of β-sheet crystals in silk. *Nature Materials.* 2010; 9: 359–367.
12. Koh L.-D., Cheng Y., Teng C.-P. et al. Structures, mechanical properties and applications of silk fibroin materials. *Progress in Polymer Science.* 2015; 46: 86–110.
13. Hardy J.G., Römer L.M., Scheibel T.R. Polymeric materials based on silk proteins. *Polymer.* 2008; 49(20): 4309–4327.
14. Holland C., Numata K., Rnjak-Kovacina J., Seib F.P. The biomedical use of silk: past, present, future. *Advanced Healthcare Materials.* 2019; 8(1): 1800465.
15. Rehman A.U., Koutsos V., Alam P. Bombyx mori silk cocoons: structure, composition, and mechanical properties—a review. *Oxford Open Materials Science.* 2026; 6(1): itag006.

UDK 677.025

PAXTA VA YIGIRILGAN IPAK IPLARINING SIFAT KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH ASOSIDA TRIKOTAJ ISHLAB CHIQARISHNING TEXNOLOGIK BARQARORLIGINI TA‘MINLASH

N.M.Musayev
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya: *Ushbu maqolada paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik sifat ko'rsatkichlari eksperimental tadqiqotlar asosida kompleks tahlil qilindi. Tadqiqotning dolzarbligi paxta–yigirilgan ipak trikotaj mahsulotlarining sifatini oshirishda iplarning mexanik xossalarini chuqur o'rganish zarurati bilan izohlanadi. Ishning asosiy maqsadi turli chiziqli zichlik va tuzilishga ega bo'lgan paxta hamda yigirilgan ipak iplarining sifat ko'rsatkichlarini o'zaro taqqoslashdan iborat. Tadqiqot davomida iplarning chiziqli zichligi, uzilish kuchi, uzilish ishi, nisbiy uzilish kuchi, uzilishdagi cho'zilish, buram soni va buram koeffitsienti aniqlanib, ularning statistik ko'rsatkichlari baholandi. Olingan natijalar USTER xalqaro me'yorlari va GOST 1025–85 talablari bilan qiyosiy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko'ra qo‘shib eshilgan yigirilgan ipak ipi eng yuqori uzilish kuchini namoyon etdi, uch qavat qo`shib eshilgan paxta ipida esa nisbiy uzilish kuchi yuqori ekani aniqlandi. Shuningdek, yigirilgan ipak ipining elastiklik ko'rsatkichi paxta ipiga nisbatan yuqoriroq ekanligi kuzatildi. Variatsiya koeffitsienti va standart og'ish qiymatlari o'lchovlarning ishonchliligini tasdiqladi. Olingan ilmiy natijalar paxta–yigirilgan ipak naqshli trikotaj to'qimalarini loyihalashda ip tanlash me’zonlarini takomillashtirish hamda yuqori sifatli trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasini rivojlantirishda amaliy ahamiyatga ega.*

Аннотаци: *В данной статье выполнен комплексный анализ физико-механических показателей хлопчатобумажной и шелковой пряжи на основе экспериментальных исследований. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения качества хлопково-шелковых трикотажных изделий путем совершенствования характеристик используемой пряжи. Цель исследования заключается в сравнительном анализе качественных показателей хлопковой и шелковой пряжи различной линейной плотности и структуры. В ходе исследования были определены линейная плотность, разрывная нагрузка, работа разрыва, относительная разрывная нагрузка, разрывное удлинение, крутка и коэффициент крутки, а также выполнена статистическая оценка полученных результатов. Полученные данные сопоставлены с международными нормативами USTER и требованиями ГОСТ 1025–85. Установлено, что многократная шелковая пряжа характеризуется наибольшими значениями разрывной нагрузки и работы разрыва, тогда как трехсложенная хлопчатобумажная пряжа обладает более высокой относительной прочностью. Кроме того, шелковая пряжа продемонстрировала лучшие показатели эластичности по сравнению с хлопчатобумажной. Значения коэффициента вариации и среднеквадратического отклонения подтвердили высокую достоверность экспериментальных измерений. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании хлопково-шелковых трикотажных полотен и совершенствовании технологий производства высококачественных трикотажных изделий.*

Abstract: *This article presents a comprehensive analysis of the physical and mechanical properties of cotton and silk yarns based on experimental research. The relevance of the study is determined by the need to improve the quality of cotton-silk knitted products through a detailed evaluation of yarn performance characteristics. The main objective of the research is to compare the quality indicators of cotton and silk yarns with different linear densities and structural configurations. During the study, linear density, breaking load, breaking work, specific breaking strength, breaking elongation, twist level, and twist coefficient were determined, and their statistical characteristics were evaluated. The obtained results were comparatively analyzed according to the international USTER standards and the requirements of GOST 1025–85. The*

experimental findings showed that four-ply silk yarn exhibited the highest breaking load and breaking work, while three-ply cotton yarn demonstrated the greatest specific breaking strength. In addition, silk yarn showed slightly higher elasticity than cotton yarn. The calculated values of the coefficient of variation and standard deviation confirmed the reliability and repeatability of the experimental measurements. The obtained scientific results provide a practical basis for selecting appropriate yarns in the design of cotton-silk patterned knitted fabrics and contribute to the development of advanced technologies for manufacturing high-quality knitted products.

Key words *cotton yarn, silk yarn, physical and mechanical properties, linear density, breaking load, breaking work, breaking elongation, twist coefficient, USTER Statistics, knitted fabric production, yarn quality.*

Kirish. Bugungi kunda to'qimachilik sanoati jahon iqtisodiyotining eng yirik va jadal rivojlanayotgan tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, kiyim-kechak iste'molining ko'payishi hamda texnik to'qimachilik mahsulotlariga bo'lgan talabning oshishi natijasida ip ishlab chiqarish hajmi ham izchil kengayib bormoqda. Zamonaviy ishlab chiqarishda mahsulot sifati, resurs tejamkorligi, ekologik barqarorlik va raqamli sifat nazorati asosiy rivojlanish tendensiyalari sifatida shakllanmoqda. Rieter kompaniyasining 2025-yilgi sanoat hisobotiga ko'ra, dunyo bo'yicha yiliga qariyb 125 million tonna tola qayta ishlanmoqda va ushbu ko'rsatkich 2030-yilga borib 140 million tonnaga yetishi prognoz qilinmoqda. Hozirgi vaqtda umumiy tola iste'molining qariyb 60 % ini filament iplar, 40 % ini esa shtapel tolalardan yigirilgan iplar tashkil etadi. Shtapel tolalar orasida paxta yetakchi tabiiy xom ashyo bo'lib qolayotgan bo'lsa-da, viskoza va poliester tolalarining ulushi ham jadal ortib bormoqda. Jahon paxta ipi bozori ham barqaror rivojlanishda davom etmoqda. 2024-yilda dunyo bo'yicha taxminan 23 million tonna paxta ipi ishlab chiqarilgan bo'lib, uning qariyb 70 % Xitoy, Hindiston va Pokiston hissasiga to'g'ri keladi. Turkiya, Vetnam va O'zbekiston ham yirik ip ishlab chiqaruvchi mamlakatlar qatoriga kiradi. Ayniqsa, O'zbekistonda so'nggi yillarda paxta xom ashyosini chuqur qayta ishlash siyosati natijasida ip yigirish quvvatlari sezilarli darajada kengaydi va ishlab chiqarishning o'rtacha yillik o'sish sur'atlari dunyo yetakchilari orasida eng yuqori ko'rsatkichlardan birini namoyon etmoqda. So'nggi yillarda tabiiy tolalar asosidagi yuqori qo'shilgan qiymatli mahsulotlarga bo'lgan talabning ortishi paxta va ipak aralash iplar ishlab chiqarishiga ham alohida e'tibor qaratilishiga sabab bo'lmoqda.

Zamonaviy yigirish korxonalarida ip sifatini baholashning xalqaro mezoni sifatida USTER Statistics tizimi keng qo'llaniladi. Ushbu tizim 70 yildan ortiq vaqt davomida dunyo bo'yicha tola, pilta, fitil va ip sifatini baholashning yagona xalqaro mezoni sifatida e'tirof etilib kelmoqda. USTER statistikasi ishlab chiqaruvchilarga o'z mahsulotini global bozorning foizlik reytinglari bilan solishtirish, sifat darajasini baholash hamda texnologik jarayonni optimallashtirish imkonini beradi. Bugungi kunda ip sifatiga qo'yiladigan talablar faqat uzilish mustahkamligi bilan cheklanmaydi. Zamonaviy sifat nazoratida quyidagi asosiy ko'rsatkichlar kompleks baholanadi: chiziqli zichlik; notekislik; nuqsonlar soni; nepslar miqdori; tukdorligi; buram darajasi; uzilish kuchi va uzilishdagi cho'zilish kabilaar. Mazkur ko'rsatkichlarni aniqlashda Uster Tester 6, Uster Tensorapid 5, Uster Tensojet 5, HVI va AFIS kabi zamonaviy laboratoriya uskunalaridan foydalaniladi. Sinovlar ISO 139 standartida belgilangan laboratoriya sharoitlarida hamda ASTM va ISO sinov metodikalari asosida amalga oshiriladi. Paxta va ipak aralash iplarda ushbu sifat ko'rsatkichlarini chuqur tahlil qilish ayniqsa muhim hisoblanadi. Chunki ipak tolasining yuqori mustahkamligi va elastikligi hamda paxta tolasining gigiyenik xususiyatlari o'zaro uyg'unlashganda trikotaj to'qimalarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari sezilarli darajada o'zgaradi. Shu sababli iplarning uzilish kuchi, uzilish ishi, nisbiy mustahkamligi, cho'zilish ko'rsatkichi va buram parametrlarini kompleks baholash trikotaj mahsulotlarini loyihalashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Mazkur tadqiqotda paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari eksperimental sinovlar asosida tahlil qilinib, olingan natijalar USTER xalqaro me’zonlari hamda GOST talablariga qiyosiy baholandi. Tadqiqot natijalari paxta–yigirilgan ipak

naqshli trikotaj to'qimalarini loyihalashda optimal ip tanlash va yuqori sifatli trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Nazariy tadqiqotlar. To'qimachilik sanoatida ip sifatini oshirish, ishlab chiqarish barqarorligini ta'minlash va yuqori sifatli trikotaj mahsulotlarini ishlab chiqarish masalalari so'nggi o'n yilliklarda ko'plab xorijiy hamda MDH olimlari tomonidan chuqur o'rganilgan. Ayniqsa paxta va yigirilgan ipak tolalari asosidagi iplarning fizik-mexanik xossalarini baholash, ularning trikotaj ishlab chiqarish jarayonlariga ta'sirini aniqlash hamda xalqaro sifat standartlariga mos mahsulot ishlab chiqarish yo'nalishida salmoqli ilmiy natijalar olingan. Rossiya trikotaj ilmiy maktabining asoschilaridan biri hisoblangan A.S. Dalidovich o'z tadqiqotlarida [1] trikotaj mahsulotlarining sifatini belgilovchi asosiy omil sifatida ipning strukturaviy tuzilishi va mexanik xususiyatlarini ko'rsatgan. Olim halqa hosil bo'lish jarayonida ipning buram darajasi, chiziqli zichligi va mustahkamligi halqa geometriyasining shakllanishiga, matoning deformatsion xususiyatlariga hamda ekspluatatsion ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir qilishini nazariy va eksperimental jihatdan asoslab bergan. Rossiya olimlari V.A. Usenko [2], V.P. Sklyannikov [3] va B.A. Buzov [4] tabiiy tolali iplarning fizik-mexanik xossalarini o'rganishda paxta va yigirilgan ipak tolalarining strukturaviy farqlari ipning mustahkamligi, elastikligi va buram barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini aniqlaganlar. Bu ilmiy natijalar keyinchalik paxta–yigirilgan ipak aralash iplar yaratish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar uchun nazariy asos vazifasini bajargan. Hindistonning Anna University olimlari [5] filament yigirilgan ipak iplaridan tayyorlangan trikotaj mahsulotlarini tadqiq etib, ipning mustahkamligi, notekisligi, tuklilik darajasi hamda nuqsonlar soni tayyor mahsulotning geometrik va ekspluatatsion xossalariga sezilarli ta'sir qilishini aniqlaganlar. Tadqiqot [6-8] davomida ISO 2062, ISO 16549 va boshqa xalqaro standartlar asosida o'tkazilgan sinovlar natijasida yigirilgan ipak iplarida nisbiy mustahkamlikning yuqoriligi bilan bir qatorda notekislik darajasi past bo'lgan namunalarda matoning shaklbarqarorligi sezilarli yaxshilanishi qayd etilgan. So'nggi yillarda ip sifatini baholashda USTER Statistics tizimi xalqaro mezon sifatida alohida ahamiyat kasb etmoqda. USTER Technologies tomonidan 1957-yildan buyon shakllantirilayotgan global statistik ma'lumotlar bazasi ipning chiziqli zichligi, massa notekisligi (CVm), yupqa va yo'g'on nuqsonlar, nepslar, tuklilik hamda uzilish mustahkamligini dunyo bo'yicha qiyoslash imkonini beradi. Hozirgi kunda USTER statistikasi tola xarididan boshlab tayyor ipni sertifikatlashgacha bo'lgan barcha bosqichlarda asosiy benchmark sifatida qo'llaniladi [9,10]. Efiopiya yigirish korxonalari misolida o'tkazilgan tadqiqotlarda paxta iplarining sifati USTER Statistics 2018 mezonlari asosida baholangan. Tadqiqotchilar ipning massa notekisligi, nuqsonlar soni va uzilish mustahkamligi yigirish jarayonining samaradorligi hamda keyingi to'qish va trikotaj ishlab chiqarish bosqichlariga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatganlar. Tadqiqot natijalariga ko'ra, USTER bo'yicha 5 % darajasiga yaqinlashgan iplar eng yuqori sifatli mahsulotlar qatoriga kirishi, 95 % darajasidagi ko'rsatkichlar esa ishlab chiqarishda qo'shimcha texnologik optimallashtirishni talab qilishi aniqlangan [11,12]. Zamonaviy tadqiqotlarda ip sifatini baholash faqat mexanik sinovlar bilan cheklanmayapti. Kompyuter ko'rish texnologiyalari va sun'iy intellekt asosidagi sifat nazorati tizimlari rivojlanmoqda. Springer nashrida chop etilgan ilmiy sharhda USTER Tester 6 ko'rsatkichlari bilan bir qatorda optik tasvirlarni qayta ishlash, CNN va YOLO algoritmlaridan foydalanish orqali ip diametri, tuklilik va nuqsonlarni avtomatik aniqlash imkoniyatlari tahlil qilingan. Bunday yondashuvlar ishlab chiqarishda real vaqt rejimida sifat nazoratini amalga oshirish imkonini bermoqda [13-15]. MDH hududida, xususan O'zbekistonda ham paxta–ipakli trikotaj matolari bo'yicha ilmiy maktab shakllangan. M.M. Mukimov, H.A. Alimova, B.F. Mirusmanov, K.Z. Yunusov, F.Abdurahimova [16,17] va boshqa olimlar [18-20] paxta va tabiiy ipak iplarini trikotaj to'qimalarida qo'llashning texnologik asoslarini ishlab chiqqanlar. Ular tomonidan trikotaj mashinalarida paxta va ipak iplaridan tajriba namunalari olinib, ipning chiziqli zichligi, matoning fizik-mexanik xossalari o'zaro bog'liqligi tadqiq qilingan. Ayniqsa B.F. Mirusmanov paxta va tabiiy ipak asosida ichki trikotaj mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologiyasini taklif qilib, ikki xil tabiiy tolaning afzalliklarini birlashtirish imkoniyatini ilmiy asoslab bergan. Xorijiy tadqiqotlarda yana bir muhim yo'nalish sifatida paxta tolasining dastlabki fizik ko'rsatkichlari bilan ip sifatining o'zaro

bog'liqligi chuqur o'rganilgan. HVI va AFIS tizimlari yordamida o'tkazilgan tadqiqotlarda tolaning uzunligi, mustahkamligi, mikronayer ko'rsatkichi hamda qisqa tolalar ulushi ipning nisbiy mustahkamligi, cho'zilish qobiliyati va tuklilik darajasiga sezilarli ta'sir qilishi isbotlangan. Tola sifati yaxshilanganda ipning uzilish mustahkamligi ortishi, qisqa tolalar miqdori ko'payganda esa notekislik va nepslar soni oshishi aniqlangan. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud ilmiy ishlarning asosiy qismi paxta yoki ipak iplarini alohida-alohida baholashga, shuningdek USTER tizimida standart sifat ko'rsatkichlarini aniqlashga bag'ishlangan. Biroq paxta va yigirilgan ipak iplarining turli chiziqli zichlik va qo‘shib eshilgan tuzilmalardagi fizik-mexanik ko'rsatkichlarini bir xil sinov sharoitida o'zaro qiyoslash hamda ularning keyingi trikotaj ishlab chiqarish jarayonlariga ta'sirini kompleks baholash masalasi yetarlicha yoritilmagan. Shu sababli paxta va yigirilgan ipak iplarining chiziqli zichligi, uzilish kuchi, uzilishdagi ish, nisbiy uzilish mustahkamligi, cho'zilish ko'rsatkichlari hamda buram parametrlarini eksperimental tadqiq qilish, olingan natijalarni USTER xalqaro me'yorlari va GOST talablariga qiyosiy baholash trikotaj ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish nuqtayi nazaridan dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Ayniqsa yuqori sifat talab qilinadigan paxta–yigirilgan ipakli trikotaj to'qimalarini loyihalashda ip sifat ko'rsatkichlarini chuqur tahlil qilish keyingi ishlab chiqarish bosqichlarida matoning mexanik, gigiyenik va ekspluatatsion xususiyatlarini bashorat qilish imkonini beradi. Mazkur holat tadqiqotning tajriba qismini amalga oshirish zaruratini belgilab, eksperimental izlanishlar uchun ilmiy asos yaratadi.

Tajribaviy izlanishlar. Paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari trikotaj to'qimalarining tuzilishi, halqa hosil bo'lish jarayoni hamda tayyor mahsulotning ekspluatatsion xususiyatlarini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Zamonaviy yigirish texnologiyalarida ipning chiziqli zichligi, uzilish mustahkamligi, uzilishdagi cho'zilishi, buram darajasi va energiya yutish qobiliyati keyingi texnologik jarayonlarning barqarorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Xalqaro USTER tizimida ham aynan ushbu ko'rsatkichlar ip sifatini baholashning asosiy me’zonlari sifatida qo'llaniladi. Mazkur tadqiqotda paxta va yigirilgan ipak iplarining to'rt xil namunasi laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazildi. Olingan natijalar standart og'ish (S) hamda variatsiya koeffitsienti (CV) yordamida statistik baholanib, USTER xalqaro me'yorlari va GOST 1025–85 talablari bilan qiyoslandi. Tadqiqot obyekti sifatida quyidagi ip namunalari tanlandi: paxta ipi 20 tex; yigirilgan ipak ipi 14,3 tex; paxta ipi 20×3 tex; yigirilgan ipak ipi 14,3×4 tex. Baholash quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha amalga oshirildi: chiziqli zichlik; uzilish kuchi; nisbiy uzilish kuchi; uzilishdagi cho'zilish; buram soni va buram koeffitsienti. Natijalar USTER xalqaro me'yorlari hamda GOST 1025–85 talablari bilan taqqoslandi.

1-jadval

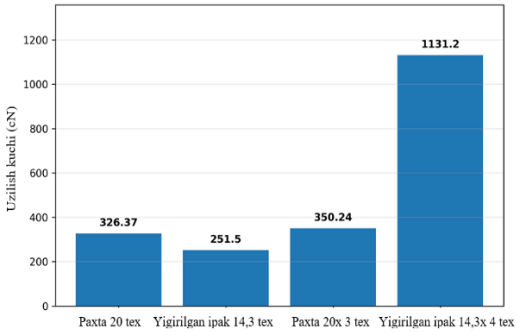
Paxta va yigirilgan yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkichlar	Paxta ipi 20 tex/50N	USTER xalqaro me'yori	Yigirilgan ipak ipi 14,3 tex/70N	GOST 1025–85	Paxta ipi 20×3 tex	Yigirilgan ipak ipi 14,3×4 tex
1	Chiziqli zichlik, tex	18,9/52,9	—	13,9/72N	±4 %	56,70	55,80
1.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	0,016	—	0,075	—	0,247	0,184
1.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	0,64	0,70	0,544	—	0,426	0,763
2	Uzilish kuchi, cN / gkuch	326,37 / 332,8	—	251,5	—	350,24 / 357,1	1131,20
2.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	15,61	—	29,93	—	31,70	167,56
2.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	4,78	7,21	8,54	—	3,42	14,81
3	Uzilish ishi, cN·sm	505,03	—	424,70	—	629,54	1998,2

3.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	46,46	—	106,82	—	87,64	361,50
3.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	9,20	12,46	16,97	—	6,30	18,09
4	Nisbiy uzilish kuchi, cN/tex	17,27	—	16,84	—	25,20	20,27
4.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	0,83	—	2,15	—	0,56	3,00
4.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	4,78	7,05	8,54	—	3,42	14,81
5	Uzilishdagi cho'zilish, L (%)	6,67	—	7,44	6 %	6,61	6,50
5.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	0,31	—	0,54	—	0,10	0,42
5.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	4,59	5,92	9,02	—	1,50	6,50
6	Buram soni/yo'nalishi	787 / Z	680,97	602 / S	—	787 / Z	602 / S
6.1	O'rtacha kvadratik og'ish, S	25,9	—	5,7	—	25,9	5,7
6.2	Variatsiya koeffitsienti, CV (%)	2,3	2,6	0,9	5,5	3,3	0,9
6.3	Buram koeffitsienti, Tm	32,07	95,5	22,44	—	34,2	22,44

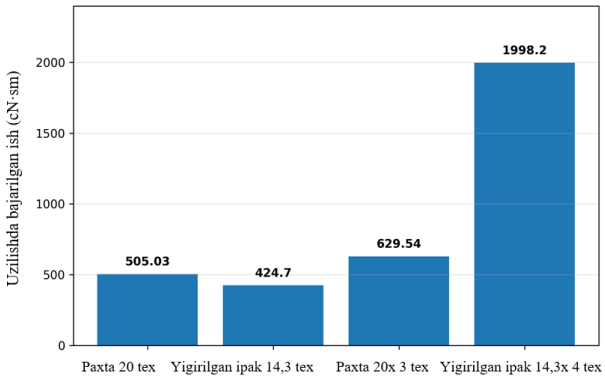
Izoh: USTER xalqaro me'yorlari ip sifatini baholashning xalqaro etalon ko'rsatkichlari hisoblanadi. GOST 1025–85 tabiiy ipak iplariga qo'yiladigan asosiy texnik talablarni belgilaydi. Tadqiqot natijalari paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlarini amaldagi me'yoriy talablar bilan qiyosiy baholash imkonini beradi.

Natijalar tahlili. Ipning chiziqli zichligi halqa geometriyasi, ipning egiluvchanligi va matoning sirt zichligini shakllantiruvchi asosiy parametr hisoblanadi. Tajriba natijalariga ko'ra paxta ipining chiziqli zichligi 18,9 tex, yigirilgan ipak ipining chiziqli zichligi esa 13,9 tex ni tashkil etdi. Qoshib eshilgan namunalarda paxta ipida 56,7 tex, yigirilgan ipak ipida esa 55,8 tex qiymatlar qayd etildi. Chiziqli zichlik bo'yicha standart og'ish qiymatlari 0,016–0,247 oralig'ida, variatsiya koeffitsienti esa 0,426–0,763 % diapazonda bo'ldi. Bunday past variatsiya ko'rsatkichlari iplarning og`irligi bo`yicha tolalar taqsimotini yuqori darajada barqaror ekanligini ko'rsatadi. Ilmiy tadqiqotlarda CV 1 % dan kichik bo'lishi ipning chiziqli zichligi bo'yicha yuqori bir jinslilikka ega ekanligini bildiradi. Bu esa trikotaj mashinasida ip uzilishlarini kamaytirish hamda halqa o'lchamlarining bir xil shakllanishini ta'minlaydi. Uzilish kuchi ipning mexanik mustahkamligini ifodalovchi eng muhim ko'rsatkichlardan biridir. Tadqiqot natijalariga ko'ra: eng yuqori mustahkamlik 14,3×4 tex yigirilan ipak ipida kuzatildi. Bu ko'rsatkich 14,3 tex yigirilgan ipak ipiga nisbatan qariyb 4,5 baravar, paxta 20 tex ipiga nisbatan esa 3,47 baravar yuqori natijani tashkil etdi.

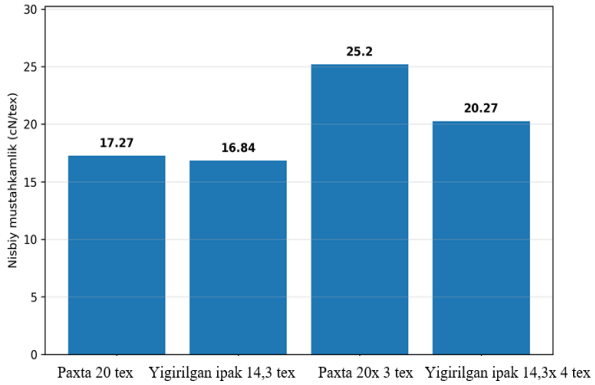


1-rasm. Paxta va yigirilgan ipak iplarining uzilish kuchi gistogrammasi

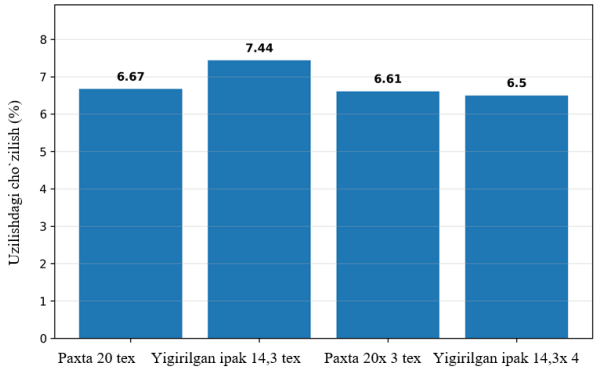
Qoshib eshilgan yigirilgan ipak ipining yuqori mustahkamligi tolalarlarning parallel joylashuvi hamda yuklanishning tolalar o'rtasida bir tekis taqsimlanishi bilan izohlanadi. Tolalararo ishqalanish kuchining ortishi ipning uzilish qarshiligini sezilarli oshiradi. Bunday holat buram nazariyasiga bag'ishlangan zamonaviy mexanik modellar bilan ham tasdiqlangan bo'lib, buramning ma'lum optimal qiymatidan so'ng tolalararo bog'lanish eksponensial ravishda kuchayishi ko'rsatilgan. Standart og'ish qiymatlari 15,61–167,56 oralig'ida, variatsiya koeffitsienti esa 3,42–14,81 % ni tashkil etdi. Qo`shib eshilgan yigirilgan ipak ipida mutlaq mustahkamlik yuqori bo'lsa-da, natijalar tarqalishi ham nisbatan kattaroq ekani kuzatildi. Bu holat ko'p tolali iplarda ishlab chiqarish jarayonidagi ichki strukturaviy farqlar bilan izohlanishi mumkin. Uzilishdagi bajarilgan ish- ipning uzilishdan oldin yutgan energiyasini ifodalaydi va ayniqsa dinamik yuklanishlarda muhim ahamiyatga ega. Qo`shib eshilgan yigirilgan ipak ipida energiya yutish qobiliyati 14,3 tex yigirilgan ipak ipiga nisbatan 4,7 baravar, paxta ipiga nisbatan esa 4 baravar yuqori bo'ldi. Bu natija shuni ko'rsatadiki, yigirilgan ipak tolalari katta deformatsiya energiyasini saqlab qolish xususiyatiga ega bo'lib, trikotaj mahsulotlarida takroriy yuklanishlar vaqtida materialning uzoq muddat xizmat qilishini ta'minlaydi. Uzilish ishi bo'yicha variatsiya koeffitsienti 6,30–18,09 % oralig'ida bo'ldi. Energiya yutish ko'rsatkichlaridagi nisbatan yuqori tarqalish ipning ichki strukturasidagi mikrofarqlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Turli chiziqli zichlikdagi iplarni o'zaro taqqoslash uchun nisbiy uzilish kuchi qo'llaniladi. Eng yuqori nisbiy mustahkamlik 20×3 tex paxta ipida (25,20 cN/tex) kuzatildi. Bu natija ko'p qatlamli paxta ipining tolalararo bog'lanishi samarali shakllanganini ko'rsatadi. USTER statistikasi bo'yicha trikotaj ishlab chiqarishda qo'llaniladigan paxta iplari uchun nisbiy mustahkamlikning yuqori bo'lishi keyingi halqa hosil bo'lish jarayonining barqarorligini ta'minlovchi muhim omillardan biri hisoblanadi.



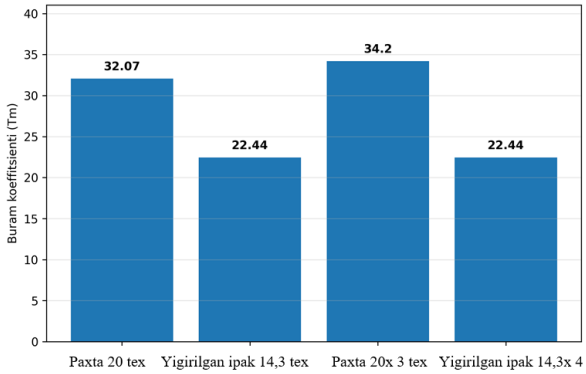
2-rasm. Paxta va yigirilgan ipak iplarining uzilishda bajargan ishi gistogrammasi.



3-rasm. Paxta va yigirilgan ipak iplarining nisbiy mustahkamlik gistogrammasi.



4-rasm. Paxta va yigirilgan ipak iplarining uzilishdagi cho`zilishi gistogrammasi.



5-rasm. Paxta va yigirilgan ipak iplarining buram koeffisienti gistogrammasi.

Buram ipning strukturaviy yaxlitligini ta'minlaydi hamda trikotaj mashinasida ipning harakatlanish xususiyatiga ta'sir qiladi. Paxta ipining buram koeffitsienti 32,07, yigirilgan ipak ipida esa 22,44 ni tashkil etdi. Paxta ipida yuqoriroq bo'lishi paxta tolalari orasidagi ishqalanish kuchini oshirib, ipning nisbiy mustahkamligini yaxshilaydi. Biroq haddan tashqari katta buram ipning qattiqlashishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli buramning optimal qiymatini tanlash muhim hisoblanadi. Ipning elastiklik xususiyatlari tayyor trikotaj mahsulotining shakl saqlovchanligi va kiyishga qulayligini belgilaydi. Eng yuqori cho'zilish 14,3 tex yigirilgan ipak ipida (7,44 %) qayd etildi. Bu yigirilgan ipakning molekulyar tuzilishi va tolalarilarning elastik deformatsiyalanish qobiliyati bilan bog'liq. GOST 1025–85 bo'yicha ipak iplari uchun tavsiya etilgan minimal cho'zilish qiymati 6 % ni tashkil qiladi. Tadqiqotdagi barcha namunalarda ushbu talab bajarildi. Cho'zilish bo'yicha variatsiya koeffitsienti 1,50–9,02 % oralig'ida bo'ldi. Ayniqsa qo`shib eshilgan paxta ipida natijalar barqarorligi yuqori ekani kuzatildi. Tajriba natijalarining ishonchliligi standart og'ish va variatsiya koeffitsienti yordamida baholandi. Chiziqli zichlik bo'yicha CV ning 1 % dan kichik bo'lishi ishlab chiqarish jarayonining yuqori aniqlikda amalga oshirilganini ko'rsatadi. Uzilish kuchi bo'yicha ko'rsatkichlar USTER tomonidan tavsiya etilgan qoniqarli diapazonga yaqin natijalarni namoyon etdi. Tajriba natijalarining ishonchliligi standart og'ish va variatsiya koeffitsienti orqali baholandi.

chiziqli zichlik bo'yicha CV – 0,426–0,763 %;

uzilish kuchi bo'yicha CV – 3,42–14,81 %;

uzilish ishi bo'yicha CV – 6,30–18,09 %;

cho'zilish bo'yicha CV – 1,50–9,02 %.

Past variatsiya koeffitsienti o'lchovlarning yuqori takrorlanuvchanligini ko'rsatadi. Ayniqsa chiziqli zichlik va buram ko'rsatkichlari bo'yicha natijalar barqarorligi yuqori ekanligi aniqlandi. Natijada barcha tajriba natijalarining ishonchliligi standart og'ish va variatsiya koeffitsienti talab darajasida ekanligi ma’lum bo‘ldi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari ularning trikotaj ishlab chiqarishdagi funksional imkoniyatlarini sezilarli darajada belgilaydi. Qoshib eshilgan yigirilgan ipak ipining yuqori uzilish kuchi va energiya yutish qobiliyati trikotaj to'qimalarida ip uzilishlari xavfini kamaytirishga xizmat qiladi. Qo`shib eshilgan paxta ipining yuqori nisbiy mustahkamligi esa halqa hosil bo'lish jarayonida geometrik barqarorlikni ta'minlaydi. Shuningdek, yigirilgan ipak ipining yuqori elastikligi tayyor mahsulotning bikrligi va deformatsiyaga chidamliligini oshiradi. Buram koeffitsientlaridagi farqlar esa paxta va yigirilgan ipak tolalarining strukturaviy xususiyatlarini aks ettirib, ularni maqsadli ravishda trikotaj assortimentiga moslashtirish imkonini beradi.Shunday qilib, tajriba natijalari paxta–ipakli trikotaj to'qimalarini loyihalashda ip tanlash me’zonlarini ilmiy asoslash, halqa hosil qilish parametrlarini optimallashtirish hamda keyingi texnologik jarayonlarning barqarorligini ta'minlash uchun muhim eksperimental asos yaratadi. Bu natijalar paxta–ipakli trikotaj to'qimalarini olish texnologiyasini takomillashtirishga amaliy hissa qo'shadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda paxta va yigirilgan ipak iplarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari laboratoriya sharoitida kompleks tadqiq qilinib, olingan natijalar USTER xalqaro statistik me'yorlari hamda GOST 1025–85 talablari bilan qiyosiy baholandi. Tadqiqot davomida iplarning chiziqli zichligi, uzilish yuklamasi, uzilish ishi, nisbiy uzilish mustahkamligi, uzilishdagi cho'zilishi, buram soni hamda buram koeffitsientining trikotaj ishlab chiqarish jarayonlariga ta'siri ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, barcha sinov namunalari bo'yicha chiziqli zichlikning variatsiya koeffitsienti 0,426–0,763 % oralig'ida bo'lib, bu iplarning yuqori darajadagi bir jinsliligini tasdiqlaydi. Uzilish kuchi bo'yicha qo`shib eshilgan yigirilgan ipak ipi eng yuqori mustahkamlikka egaligi aniqlandi. Uzilishdagi cho'zilish bo'yicha olingan natijalar tabiiy ipak tolasining elastiklik xususiyatlari paxta ipiga nisbatan yuqoriroq ekanligini ko'rsatdi. Statistik baholash natijalari standart og'ish va variatsiya koeffitsientlari bo'yicha tajriba natijalarining ishonchliligi va takrorlanuvchanligi yuqori ekanligini tasdiqladi. Natijada ushbu tadqiqotda aniqlangan fizik-mexanik ko'rsatkichlari paxta–ipakli trikotaj to'qimalarini ishlab chiqarish texnologiyasini ilmiy asosda takomillashtirish uchun muhim eksperimental asos vazifasini bajaradi. Olingan natijalardan trikotaj korxonalarida xom ashyo tanlash, ip sifatini

USTER xalqaro me’zonlari asosida baholash, mashina parametrlarini optimallashtirish hamda yuqori qo'shilgan qiymatga ega paxta–ipakli ustki trikotaj mahsulotlarini ishlab chiqarishda foydalanish mumkin. Bu esa ishlab chiqarish jarayonining barqarorligini oshirish, mahsulot tannarxini pasaytirish, eksportbop va raqobatbardosh trikotaj mahsulotlari assortimentini kengaytirish hamda zamonaviy trikotaj sanoatida sifat menejmenti tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Reference

1. Dalidovich A.S. Osnovы texnologii trikotajnogo proizvodstva. – M.: Legkaya industriya, 1970. – 368 s.
2. Usenko V.A. Texnologiya pererabotki naturalnых volokon. – M.: Legpromizdat, 1988. – 312 s.
3. Sklyannikov V.P. Stroyeniye i svoystva tekstilnых materialov. – M.: Legkaya promыshlennost, 1985. – 286 s.
4. Buzov B.A., Modestova T.A., Alыmenkova N.D. Materialovedeniye tekstilnых materialov. – M.: Legkaya industriya, 2014. – 448 s.
5. Sathish Kumar T., Ramesh Kumar M., Prakash C. Comfort Propertiyes of Cotton/Eri Silk Knitted Fabrics // Indian Journal of Fibre & Textile Research. – 2016. – Vol. 41. – P. 326–333.
6. Muxitov M.M., Gulyayeva G.X. Razrabotka mnogokomponentnых trikotajnых poloten na osnove xlopka i shelka // The American Journal of Engineyering and Technology. – 2021. – Vol. 3, No. 5. – P. 45–53.
7. Nakajima M., Takahashi M., Quaynor L. Dimensional Changes in Knitted Silk and Cotton Fabrics with Laundering // Textile Research Journal. – 1999. – Vol. 69, No. 4. – P. 273–279.
8. Wang J., Chen W. Research on the Comprehensive Propertiyes of Cotton/Silk Knitted Fabrics // Fashion & Textile Research Journal. – 2025. – Vol. 27, No. 1. – P. 88–97.
9. USTER Technologiyes AG. USTER® Statistics 2023. – Uster (Switzerland), 2023. – 412 p.
10. USTER Technologiyes AG. USTER® Tester 6. Application Handbook. – Uster, Switzerland, 2021. – 186 p.
11. Riyeter Machine Works Ltd. Global Spinning Report 2025. – Winterthur, Switzerland, 2025. – 154 p.
12. GOST 1025–85. Niti shelkovые. Texnicheskiye usloviya. – M.: Izdatelstvo standartov, 1985. – 12 s.
13. ISO 2062:2009. Textiles — Yarns from packages — Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension tester. – Geneva: ISO, 2009.
14. ISO 139:2005. Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing. – Geneva: International Organization for Standardization, 2005.
15. Uster Technologiyes AG. Quality Assessment of Yarn Using USTER Statistics // USTER Technical Bulletin. – 2022. – No. 18. – P. 1–24.
16. Abdurahimova F., Alimova H. Influyence of Yarn Propertiyes on Knitted Fabric Performance // Journal of Textile Engineyering. – 2020. – Vol. 12, No. 2. – P. 41–49.
17. Mirusmanov B.F., Muxitov A.Sh. Issledovaniye svoystv xlopkovo-shelkovых trikotajnых poloten // Universum: Texnicheskiye nauki. – 2022. – № 4(97). – S. 24–30.
18. Musayev N. et al. Research of pattern cotton-silk knitting fabrics //AIP Conference Proceyedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – T. 3045. – №. 1. – S. 030079.

19. Mamadaliyeva D. et al. Experimental and theoretical investigation of loop strength in terry fabrics: A modifiyed single-loop extraction method and weave parameter optimization //Journal of Industrial Textiles. – 2026. – Т. 56. – S. 15280837261468516.

20. Musayev N. M. Rangovaya osenka kachestvennыx pokazateley risunchatogo xlopko-shelkovogo jakkardovogo trikotaja s prodolnыmi polosami //Universum: texnicheskiye nauki. – 2026. – Т. 3. – №. 3 (144). – S. 36-38.

УДК 677.021

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТКАНЕЙ

А. Абдусаттаров[1], Ю. В. Василевич[2], А. Д. Даминов[3], Ю. О. Матназаров[3]

Ташкентский государственный транспортный университет[1]

Белорусский национальный технический университет, Минск[2]

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности[3]

Annotatsiya. *Maqolada to‘qimachilik kompozit ip va matolar mexanik xususiyatlarini tahlil qilish va tajribalarni o‘tkazish usullari ko‘rib chiqilgan. Cho‘zilishdagi uzayishlar va yuklamalar orasidagi bog‘liqlik keltirilgan. Konstruksion gazlamalarning siljish xususiyatlarini aniqlash uchun uch xil tajriba qo‘llaniladi: ikki asosiy yuklanishdagi siljish; gazlamani burchak ostida cho‘zilishga sinash; sharnirli ramada siljishga sinash. Eksperimental tadqiqotlar standart uzish qurilmalaridan foydalangan holda amalga oshirildi, bu esa cho‘zilish, kuchning nisbiy deformatsiyaga va vaqtga bog‘liqligi diagrammalarini olish, shuningdek, uzilish kuchi va uzilishdagi cho‘zilishni aniqlash imkonini berdi. Konstruksion to‘qima (T-13) deformatsion xossalarining qiyosiy tahlili amalga oshirildi. To‘qimalarning deformatsiyalanish xarakteri strukturaviy o‘zgarishlar va yuklanish paytida tolalarning o‘zaro siljishi bilan bog‘liq bo‘lgan aniq nochiziqli xarakterga ega ekanligi ko‘rsatilgan. Olingan natijalar fizik-mexanik xususiyatlarga ega bo‘lgan to‘qimachilik kompozit ip va matolarining ekspluatatsion xususiyatlarini modellashtirish va bashorat qilish imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar. *To‘qimachilik kompozit materiallari; to‘qimalarning siljish xususiyatlari; cho‘zilish diagrammasi; uzilish kuchi; uzayish; nochiziqli deformatsiyalanish xususiyatlari.*

Аннотация. *В статье рассмотрен обзор по данной тематике, методика проведения опытов и анализ механических свойств текстильных композитных тканей - препрегов. На основе экспериментов установлена приближённая зависимость между удлинением и нагрузкой при растяжении ткани. Для определения сдвиговых характеристик конструкционных тканей используются три вида экспериментов: сдвиг при двухосном нагружении; испытания ткани на растяжение под заданным углом к нитям основы; испытание на сдвиг в шарнирной раме. Приведены результаты испытаний стеклоткани Т-13. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных разрывных установок, что позволило получить диаграммы растяжения, зависимости силы от относительной деформации и времени, а также определить разрывную нагрузку и удлинение при разрыве. Проведен сравнительный анализ деформационных свойств конструкционных тканей Т-13 и УТ-900. Показано, что характер деформирования тканей носит выраженно нелинейный вязкопластический характер, обусловленный структурными преобразованиями и взаимным смещением волокон при нагружении. Результаты могут быть использованы для моделирования и прогнозирования эксплуатационных свойств текстильных композитных тканей.*

Ключевые слова. *текстильные композитные материалы; диаграммы растяжения; разрывная нагрузка; удлинение при разрыве; деформационные свойства; сдвиговые характеристики тканей.*

Abstract. *The article provides an overview of this topic, a methodology for conducting experiments, and an analysis of the mechanical properties of textile composite fabrics—prepregs. Based on experiments, an approximate relationship was established between the elongation and the load during fabric stretching. To determine the shear characteristics of structural fabrics, three types of experiments are used: shear under double-axis loading; fabric tension testing at a specified angle to the warp threads; and shear testing in a hinged frame. The results of the T-13 glass fabric tests are presented. Experimental studies were performed using standard breaking devices, which allowed for the creation of tension diagrams, the dependence of force on relative deformation and time, as well as the determination of breaking load and elongation during breakage. A comparative analysis of the deformation properties of T-13 and UT-900 structural fabrics was conducted. It has been shown that the nature of tissue deformation is pronounced nonlinear viscoplastic in nature, due to structural transformations and mutual displacement of fibers during loading. The results can be used to model and predict the performance properties of textile composite fabrics.*

Keywords: *textile composite materials; stretching diagrams; breaking load; elongation upon rupture; deformation properties; shear characteristics of fabrics.*

Введение. Современные текстильные композиционные материалы обладают не только широким спектром свойств, выгодно отличающих их от традиционных материалов, но и способностью к направленному изменению этих свойств в соответствии с назначением конструкционных композитов. Важное место в исследованиях полимерных композиционных материалов занимают технологии их получения, которые осуществляются путем полимеризации, характеризующей процесс отверждения полимерных материалов. В каждом случае получение новых материалов с заданными свойствами связано с целенаправленным регулированием этих свойств, которое достигается путем отработки технологических режимов и процессов. В настоящее время достигнуты значительные успехи в создании композиционных материалов с желаемым комплексом свойств [1–4]. Во многих странах всё большее внимание привлекают конструкционные материалы в виде ориентированных волокнистых композитов. Они предназначены для изготовления основных и вспомогательных несущих элементов конструкций. Для этого имеется возможность выбора их из целого ряда типов волокнистых структур, получаемых различными текстильными методами. Уникальное сочетание лёгкости, гибкости, высокой прочности и вязкости разрушения, характерное для текстильных структур, определило преимущества их применения для широкого спектра изделий [2, 5, 6-8]. Значение текстильных конструкционных композитов постоянно возрастает, в частности при переработке препрегов зарубежными исследователями.

В отличие от традиционных конструкционных материалов, текстильные композиты обладают специфическими свойствами, которые необходимо учитывать при проведении физико-механических и других видов испытаний. Прежде всего, эти материалы практически невоспроизводимы, если не будут строго регламентированы технология, условия кондиционирования, испытания и трансформации в процессе изготовления изделия. Поскольку композиты (препреги) являются гетерогенными материалами, их свойства обусловливаются свойствами отдельных определяющих компонентов. Свойства композитов-препрегов при проведении испытаний должны соответствовать условиям их переработки, т.е. учитывать влияние окружающей среды, температуры и внешней нагрузки. Определяющую роль при формовании изделий играют силы трения. Соблюдение требований к испытаниям и моделированию реальных технологических режимов обязательно, так как это может приводить к несовпадению методик испытаний с заложенными в них требованиями. Для получения сопоставимых данных при таком

подходе к исследованию свойств композитов (препрегов) и их анализу необходимо иметь соответствующие информационные данные и соблюдать определённые правила [1]. Основной задачей являются методика исследования и прогнозирования структурных параметров текстильных композитных тканей-препрегов. Цель работы заключается в определении прочностных и деформационных свойств текстильных материалов и экспериментальная оценка их физических свойств, которые непосредственно характеризуют длительную прочность и повреждаемость материала [7]. При оценке прочности композита необходимо принимать во внимание данные о его составе, особенностях структуры и строения, методах получения и предварительной обработки — всё то, что называют «предысторией» материала.

Методика расчета. В работах [8–13] рассмотрены несколько частных случаев нагружения композитных материалов-препрегов, отнесённых к главным осям, с целью максимального упрощения определения их характеристик. Для определения коэффициентов трения, напряжений и жёсткостных характеристик проведены соответствующие испытания, и затем путём сравнения нагрузок и перемещений, полученных экспериментальным путём и вычисленных аналитически, определены искомые значения коэффициентов. Для определения численных значений указанных параметров в качестве иллюстрации приводятся результаты испытаний и расчёта тканого препрега в направлении основы. На первом этапе исследований определяются жесткостные характеристики препрега: γ_{11} и E_{11}. На основе системы уравнений [2] получены значения γ_{11} для стеклоткани полотняного (1/1) плетения марки Т-13. Были проведены испытания на растяжение образцов в виде полосок шириной 25 мм в рабочей части и длиной 100 мм. Схема нагружения такой полоски показана на рис. 1.

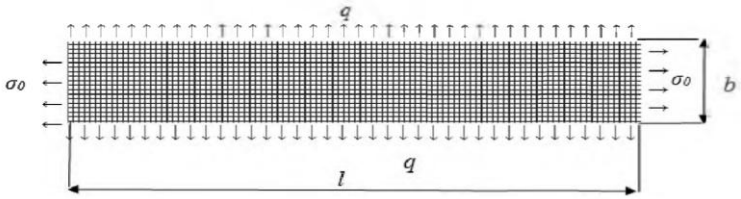


Рис. 1. Схема нагружения ткани при испытаниях на растяжение

Для устранения нежелательных последствий, к которым могут привести граничные условия на продольных сторонах образца, проводится простое двуосное испытание. Вначале полоска растягивается небольшими поперечными усилиями Q (для распрямления) и защемляется по продольным сторонам. Затем измеряется удлинение полоски после нагружения её усилиями P. На основании испытаний между удлинениями полосок и нагрузками получена приближённая зависимость [1, 2]:

$$(W_i)_k = \gamma_{kk} l + \frac{(P_i)_k}{h_0 b (EF)_{kk}} l, \qquad (1)$$

где b - ширина; l - длина, а h_0- толщина рабочей части полоски. При $k = 1$ определяются характеристики препрега в направлении основы, а при $k = 2$- в направлении утка. Удлинения полосок W_i вычислялись при нагружении их силами P_i. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

В качестве иллюстрации получены графические изображения осевого и уточного удлинения полоски ткани Т-13, полученные по результатам испытаний и по расчётной формуле (1) для нитей основы и утка при различных значениях нагрузок P и Q [1]. По результатам каждого вида испытаний определялось среднее значение по P_i — результатам измерений максимальных усилий при выдергивании нити. Полученные данные вместе с результатами расчётов были использованы для вычисления искомых параметров путём составления системы линейных уравнений [2, 16].

Таблица1

Удлинения W_i полосок размером 25×100 мм из технической ткани Т-13 при растяжении их силой P_i

P_j(кГс)	W_i (мм)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ткань Т-13 (основа), Q=5 кГс								
30	0,59	0,60	0,60	0,61	0,59	0,59	0,60	0,61
60	1,08	0,91	0,82	0,84	0,90	0,82	0,85	0,86
90	1,27	1,09	1,10	1,11	1,12	1,10	1,09	1,05
120	1,50	1,31	1,29	1,30	1,31	1,52	1,29	1,28
150	1,60	1,58	1,52	1,60	1,68	1,69	1,70	1,71
180	1,90	1,82	1,85	1,86	1,90	1,91	1,92	1,89
210	2,10	2,09	2,08	2,11	2,12	2,08	2,10	2,11
Ткань Т-13 (уток), Q=5 кГс								
30	0,30	0,31	0,29	0,32	0,26	0,31	0,27	0,30
60	0,58	0,57	0,50	0,42	0,51	0,49	0,50	0,43
90	0,81	0,75	0,70	0,72	0,67	0,78	0,80	0,81
120	1,11	1,10	1,05	0,98	1,01	1,22	0,95	0,96

Аналогичные испытания проведены для углеродной ткани 56313. В испытаниях использовались полоски ткани длиной l = 500 мм, шириной b = 40 мм и толщиной 0,34 мм. Углеродная ткань образована нитями полотняного переплетения. Основные и уточные нити в ней чередуются через одну с учётом одинаковым количеством нитей (24 шт.), расположенных на ширине 40 мм как в направлении основы, так и в направлении утка, можно говорить о симметричности данных направлений. На этом основании испытания проводились только для направления основы. Результаты испытаний представлены в следующей таблице.

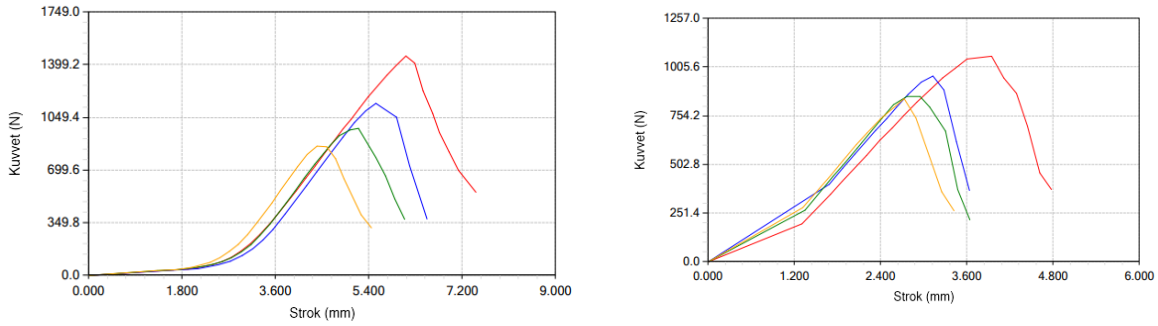
Таблица 2

Зависимость силы вытягивания нитей P_i (Н) из полосок угольной ткани от длины нитей s_0 (мм)

№ Экс-в.	s_0 (мм)	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	P_{i5}
P=0, Q=0						
1	100	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
2	200	0,9	1,0	1,1	0,9	0,95
3	250	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7
4	300	1,9	1,8	2,2	2,1	1,9
5	400	3,0	3,2	3,3	2,8	3,0
P=0, Q=150 Н						
6	100	1,6	1,8	2,0	2,1	1,6
7	250	4,0	4,4	4,2	4,1	4,3
P=150 Н, Q=0						
8	100	2,8	3,0	3,2	3,2	3,3
9	250	8,5	8,7	8,9	8,8	8,6

Как известно, тканые материалы, являющиеся в основном двумерными структурами, проявляют хорошую стабильность свойств во взаимно ортогональных направлениях основы и утка. На этом основании, если рассматривать задачи, приводящие к деформациям, не выходящим за пределы слоёв, такую систему можно считать плоской. Это может служить обоснованием применения в испытаниях плоских образцов, изготовленных из

тканого материала. В работе [14] разработаны критерии оценки структуры тканых конструкций с использованием арсенала теории узлов. В [15] отмечается, что технические тканые конструкции широко применяются при проектировании изделий в различных отраслях техники и в быту как в качестве несущих элементов сложных структур, так и в качестве самостоятельных конструкционных единиц. Экспериментальные исследования тканей выполнены с использованием стандартных разрывных установок, что позволило получить диаграммы растяжения, зависимости силы от относительной деформации и времени, а также определить разрывную нагрузку и удлинение при разрыве. Представлены результаты испытаний стеклоткани марки Т-13. Анализ экспериментальных данных, приведённых на рисунке 2, показывает, что процесс деформирования полотна при растяжении носит нелинейный характер, что обусловлено особенностями его структурного строения и взаимодействием элементов ткани под нагрузкой [16-19]. Эксперименты выполнены на разрывной установке ‘‘WDW-5E’’ в ТИТЛП (рис. 2).



а) б)

Рис.2 Экспериментальные зависимости растягивающей силы от деформации для ткани Т-13 (по продольному растяжению а); по поперечному растяжению б)).

В таблице 3 приведены результаты испытаний образцов ткани Т-13 при растяжении вдоль и поперёк.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов тканей (Т-13) при растяжении по длине

№ испытания	Максимальная мощность (Н)	Максимальное удлинение силы (мм)	Напряжение (МПа)	Сила разрыва (Н)	Удлинение разрыва (мм)
Ткань Т-13 по длине (основа)					
1	1456,900	6,11	72,845	1074,30	6,63
2	1142,400	5,53	57,120	1092,60	5,34
3	976,300	5,20	48,815	976,30	5,20
4	858,200	4,40	42,910	854,60	4,59
Ткань Т-13 по поперечному сечению (уток)					
1	1061,300	3,94	53,065	948,80	4,11
2	959,000	3,13	47,950	927,70	2,96
3	853,200	2,76	42,660	853,20	2,95
4	842,400	2,73	42,120	842,40	2,73

Определение сдвиговых характеристик. Анализ литературных источников [20–23] показал, что для определения сдвиговых характеристик ткани в основном используются три вида экспериментов (рис. 3): а) сдвиг при двухосном нагружении; б) испытания ткани на растяжение под углом; в) испытание на сдвиг в шарнирной раме. Проведение испытаний при сохранении ориентации нитей, параллельной сторонам рамы, позволяет определить чисто сдвиговую деформацию. В работах [1, 8, 11] показаны рамные устройства для проведения испытаний, конструктивное исполнение которых направлено на снижение влияния растяжения нитей на сдвиговые деформации. Испытание ткани в шарнирной раме на сдвиг проводится по схеме, представленной в работе [2, 9]. Угол сдвига по определению вычисляется по формуле:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 2arccos\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\Delta W}{2a}\right) \qquad (2)$$

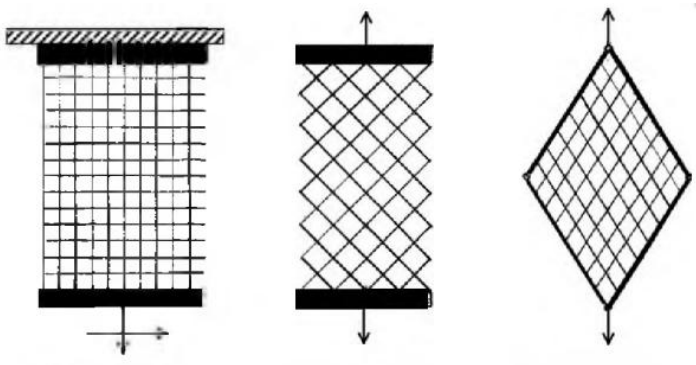


Рис. 3. Схемы испытания ткани на сдвиг

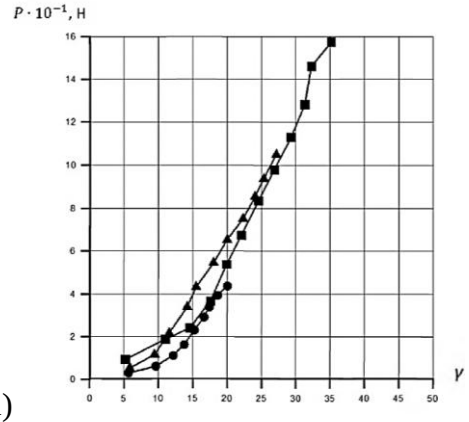
Формулой (2) широко пользуются при обработке результатов экспериментов [20-23]. Непосредственные измерения угла сдвига оптическими методами показывают хорошую сходимость результатов с формулой (2). Относительная деформация при сжатии образца ткани в направлении, перпендикулярном линии действия нагрузки, определяется по формуле:

$$\gamma_0 = 2\frac{\sin\varphi_0 - \sqrt{1-\left(\cos\varphi_0 - \frac{\gamma}{2a}\right)^2}}{\sin\varphi_0} \qquad (3)$$

Расчеты показывают удлинение диагонали ромба γ = 14,36 мм (длина ромба 140 мм). Относительная упругая составляющая γ_0 = 0,12. Экспериментальные исследования по схеме в) проводились на ткани полотняного переплетения Т-13А с геометрическими характеристиками, приведёнными в [1]. Сторона рамы между центрами шарниров составила а=180 мм; эксцентриситет δ =12 мм; l_p =140, 120, 100, 80, 40мм. Испытывалось по 5 образцов каждого вида.

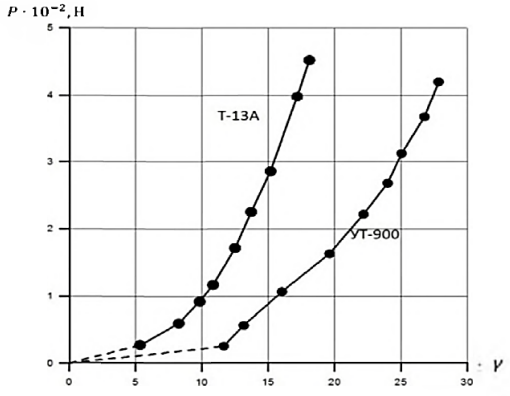
На рис. 4 представлены результаты испытаний в виде зависимости угла сдвига γ от нагрузки Р, приложенной к раме, для трёх типов образцов с рабочей частью L_p =140 мм, 80 мм и 40 мм. На основе экспериментальных данных найдены γ = 62,14 мм, γ_1 = 1,55 мм/Н.

На рис. 5 приведены результаты испытаний углеродной ткани УТ-900 в сравнении с испытаниями стеклоткани Т-13. Как видно, углеродная ткань более податлива к сдвигу [2, 9, 13].



a)

Рис 4. Зависимость угла сдвига от нормализованной нагрузки образцов ткани Т- 13А при различной l_p: - l_p=140 мм; - l_p=▲100 мм; - l_p■80 мм;



b)

Рис. 5. Сравнение результатов испытаний углеткани У Т-900 и стеклоткани Т-13А; l_p =140 мм

Выводы. Рассмотрено методика проведения исследования и анализ механических свойств текстильных композитных тканей (препрегов). На основе экспериментальных данных получена приближённая зависимость между удлинениями и нагрузками при растяжении по основе и по утку. Определены сдвиговые характеристики конструкционных тканей: при двухосном нагружении. Исследования выполнены с использованием стандартных разрывных установок, что позволило получить диаграммы растяжения для Т-13, зависимости силы от относительной деформации и времени. Диаграмма деформирования тканей носит выраженно нелинейный характер, обусловленный структурными преобразованиями и взаимным смещением волокон при нагружении. Результаты могут быть использованы для прогнозирования деформационных свойств и проектирования композитных тканей с учётом их физико-механических характеристик.

Reference

1. Vasilevich Yu.V. Mexanika prepregov – raschet izdeliy iz armirovannix kompozitsionnix materialov: v 2 chastyax. / Yu.V. Vasilevich, K.A. Goreliy, V.M. Saxonenko, S.V. Saxonenko, YE.V. Malyutin // Minsk: BNTU, 2016. – 295 s.
2. Abdusattarov A., Vasilevich Yu. V., Muradov A. A., Matnazarov Yu.O. Modeli deformirovaniya konstruktsionnix tkaney iz kompozitnix materialov – prepregov // Dokladi ANRUz 2024, №4, s.102-109
3. Tkanie konstruktsionnie kompoziti. Per s angl./ Pod red. T.-V. Chu i F. Ko. - M: Mir, 1991. - 432 s., il.
4. Polimernie kompozitsionnie materiali: struktura, svoystva, texnologiya: / M.L. Kerber [i dr.]; pod obsh. red. A.A. Berlina.- SPb.: Professiya, 2008. - 560 s., il.
5. Sultanov K.S., Ismailova S.I. Strukturnaya prochnosti tekstilnix nitey. Tashkent, FAN, 2017, 256 s.
6. Sherbakov V.P., Skurlanova N.S. Osnovi teorii deformirovaniya i prochnosti tekstilnix materialov. M.: MGTU imeni A.N. Kosigina, 2008, 332 s.
7. Abdusattarov A., Boymurotov B., Muradov A. K Opredeleniyu povrejdayemosti I dlitelnoy prochnosti nitey i tkaney s uchetom vyazkouprugix svoystv // Uzbek. tekstilniy jurnal.2022. №3. - s.40-48.
8. Vasilevich Yu.V. Teoreticheskie i eksperimentalnie issledovaniya po opredeleniyu neuprugoy sostavlyayushey sjatiya tkani T-13 / Yu.V. Vasilevich, V.M. Saxonenko, S.V. Saxonenko, K.A. Goreliy, YE.V. Malyutin // Mexanika mashin, mexanizmov i materialov. 2011. - № 4(17). - s 63-65.

9. Saxonenko S.V. Matematicheskoe modelirovanie napryajenno-deformirovannogo sostoyaniya prepregov dlya naxojdeniya maksi- malnix napryajeniy vblizi prokolotogo kruglogo otverstiya: dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata fiz.- mat. nauk: — Minsk, 2009. - 154 l.
10. Tkan konstruktivnogo naznacheniya. Texnicheskie usloviya: GOST 19170-2001.
11. Damyanov, G.B. Stroenie tkani i sovremennie metodi yee proektirovaniya / G.B. Damyanov, S.Z. Bachev, N.F. Sufnina; pod red. G.B. Damyanova.- Moskva: Legkaya i pishevaya promishlennost. - 1984.- 189 s.
12. Vasilevich Yu.V. Neuprugaya sostavlyayushaya sjatiya tkani / Yu.V.Vasilevich, V.M.Saxonenko, S.V.Saxonenko, K.V.Goreliy, YE.V.Malyutin/ / Problemi novix kompozitsionnix materialov: sb. nauch. tr. Mejdunar. nauch. - texn. konf. - Obninsk: 2010. - S. 48 - 52.
13. Goreliy, K.A. Svoystva prepregov pri ix deformirovanii / K.A. Goreliy, S.V. Saxonenko, A.V. Saxonenko K.G. Skvortsov, D.A. Fedotov // Nauka i texnologii. Materiali 37oy Vserossiyskoy konferentsii, Rossiyskaya akademiya nauk. - Moskva, 2017. - T. 1. - S. 46-54.
14. Daminov A.D. Osnovi prognozirovaniya strukturi i proektirovaniya tekstilnix poloten. Avtoreferat dicc. dokt. tex. nauk. Tashkent, 2006, 42 s.
15. Kadirova D.N., Daminov A.D, Raximxodjayev S.S. Texnologiya, proyektirovaniye i parametri texnicheskix tkaney. Monografiya 2020 LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING, Mauritius.s-169
16. Abdusattarov A., Daminov A., Sabirov N., Matnazarov Y., Vasilyevich Y. Modeling of Deformation Properties and Damage Behavior of Textile Yarns and Fabrics // International Conference “Advanced Mechanics: Structure, Materials, Tribology” AIP Conf. Proc. 3405, (2026) 450001-1–450001-8; https://doi.org/10.1063/12.0043308
17. Abdusattarov A., Vasilevich Yu.V., Muradov A., Matnazarov Yu.O. Analiz deformatsionnix svoystv tekstilnix kompozitnix materialov – prepregov // Kompozitsionnie materiali №4, 2024 - C. 281-285.
18. Abdusattarov A., Vasilevich Yu. V., Daminov A.D., Matnazarov Yu.O. Analiz strukturi konstruktsionnix tkaney i deformatsionnix svoystv prepregov // Tekstilniy jurnal Uzbekistana 2024, №3, s.54-63
19. Abdusattarov A., Karimov A.M. Metodi resheniya zadach mexaniki kompozitnix materialov i neuprugix elementov konstruktsiy pri siklicheskix nagrujeniyax. Tashkent, «Uzbekistan», 2020. 198 s.
20. Liu, L. Sherwood Two - dimensional macro-mechanics shear models of woven fabrics / L. Liu, J. Chen, X.Li, // Composites: Part A.- 2005. - v. 36. - P. 105 - 114.
21. Potluri, P. Mechanics for non-orthogonal interlaced textile composites / P.Potluri, A. Manan // Composites: Part A. - 2006. - v. 38. -P. 1216 - 1226.
22. Launay, J. Experimental analysis of the influence of tensions on in plane shear behaviour of woven composite reinforcements / J.Launay, G.Hivet, A. Duong, P. Boisse // Composite Science and Technology. -2008. - v. 68, № 2. -P. 506 - 515.
23. Boisse, P. Importance of in-plane shear rigidity in finite element analyses of woven fabric composite preforming / P. Boisse, B. Zouari, J. Daniel // Composite: Part A. - 2006. - v. 37. - P. 2201 - 2212.

UDC: 677.051.16.001.36

RESEARCH ON THE EFFECT OF THE TECHNICAL PARAMETERS OF AN AERODYNAMIC DEDUSTING MACHINE ON THE QUALITY INDICATORS OF SPUN YARN

U.N.Yusupaliyeva[1], N.A.Sadikova[1], N.N.Yuldashev[2], M.A.Begmanova[1]
[1]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, [2]National Research University TIIAME

Abstract. *In this article, the theoretical aspects of the process of cleaning cotton fiber from trash impurities are analyzed, as well as the development of new equipment aimed at improving this process. The operating principle of the developed equipment for cleaning, dedusting, and partially mixing fibers, equipped with a perforated working surface in the form of a truncated cone, is considered. During the study, a detailed analysis of the structural design and operating principle of the equipment was carried out. The cleaning efficiency depending on the fiber movement speed and the dimensions of the holes in the perforated surface was investigated. The effect of the equipment on the movement of fibrous material along the working zone, as well as the possibility of removing fine impurities through the perforated surface, was theoretically substantiated. The main factors determining the structural and technological parameters of the equipment were identified. To ensure the uniform operation of the device designed to collect fine impurities, the trajectory and parameters of the incoming fibrous mass during its transfer to the mesh surface were considered, and the dependence of the process on the velocity of the airflow was investigated. The forces affecting the movement speed of the fibers and their influence on the quality characteristics of the fibers were studied and theoretically analyzed. The main factors affecting the cleaning and mixing processes were identified, and theoretical conclusions were drawn regarding the improvement of the efficiency of these processes.*

Keywords: *cotton fiber, cleaning process, truncated cone-shaped perforated surface, working element, airflow, foreign impurities, cleaning efficiency, structural parameters.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы теоретические аспекты процесса очистки хлопкового волокна от сорных примесей, а также разработка нового оборудования, направленного на совершенствование данного процесса. Рассмотрен принцип действия разработанного оборудования для очистки, обеспыливания и частичного смешивания волокон, оснащённого перфорированной рабочей поверхностью в форме усечённого конуса. В ходе исследования проведён детальный анализ конструктивного устройства и принципа действия оборудования. Изучена эффективность очистки в зависимости от скорости движения волокон и размеров отверстий перфорированной поверхности. Теоретически обосновано влияние оборудования на перемещение волокнистого материала вдоль рабочей зоны, а также возможности удаления мелких сорных примесей посредством перфорированной поверхности. Определены основные факторы, формирующие конструктивные и технологические параметры оборудования. Для обеспечения равномерной работы устройства, предназначенного для улавливания мелких примесей, рассмотрены траектория движения и параметры поступающей волокнистой массы при её подаче на сетчатую поверхность, а также исследована зависимость процесса от скорости движения воздушного потока. Изучены силы, воздействующие на скорость движения волокон, и теоретически проанализировано их влияние на качественные показатели волокна. Определены основные факторы, влияющие на процессы очистки и смешивания, и сформулированы теоретические выводы по повышению эффективности данных процессов.*

Ключевые слова: *хлопковое волокно, процесс очистки, перфорированная поверхность в форме усечённого конуса, рабочий орган, воздушный поток, посторонние примеси, эффективность очистки, конструктивные параметры.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada paxta tolasini begona aralashmalardan tozalash jarayonining nazariy jihatlari hamda ushbu jarayonni takomillashtirishga qaratilgan yangi konstruktsiyadagi uskuna yaratilganligi va bu yaratilgan kesik konus shaklidagi perforatsiyalangan ishchi sirtga ega tozalash, changsizlantirish va tolalarni qisman aralashtiruvchi uskunasining ishlash printsiplari tahlil etilgan. Tadqiqot jarayonida uskunaning konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsipi chuqur tahlil qilinib, tolalarning harakat tezligi, perfo sirt teshiklarining o‘lchamlariga qarab tozalash samaradorliklari o‘rganildi. Uskunada tolali materialning ishchi zona bo‘ylab siljishiga ta’siri hamda perforatsiyalangan sirt orqali mayda iflosliklardan tozalash imkoniyatlari nazariy jihatdan asoslangan va shu bilan birga uskunaning konstruktiv va texnologik parametrlarini shakllantiruvchi asosiy omillar aniqlangan. Mayda iflosliklarni ushlab qoluvchi moslama bir maromda ishlashi uchun, mayda iflosliklarni to‘rli setkaga uzatishda kirayotgan tolali massa trayektoriyasi va parametrlarini ko‘rib chiqib, havo oqimini harakatlanish tezligiga bog‘liqligini o‘rganildi. Tolalarning harakat tezligiga ta’sir qiluvchi kuchlar va ularning tola sifat ko‘rsatkichlariga ta’siri o‘rganilib nazariy tahlil qilindi. Tozalash va aralashtirish jarayonlariga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlanib, jarayon samaradorligini oshirish bo‘yicha nazariy xulosalar chiqarildi.*

Kalit so‘zlar: *paxta tolasi, tozalash jarayoni, kesik konus shaklidagi perforatsiyalangan sirt, ishchi organ, havo oqimi, begona aralashmalar, tozalash samaradorligi, konstruktiv parametrlar.*

Introduction. Currently, the relatively high level of impurities in cotton fibers supplied to spinning mills is sharply increasing the requirements for the efficiency of the cleaning process. Various organic and inorganic impurities and other foreign bodies present in the raw material negatively affect the quality indicators of the fibers. This, in turn, leads to a decrease in the quality indicators of the yarn. Therefore, technological and operational requirements for cleaning machines in modern spinning mills are becoming increasingly stringent. In particular, cleaning equipment must operate with high efficiency while causing minimal mechanical damage to the fibers, be energy-efficient, and ensure the continuous operation of the production line. In addition, deep and effective cleaning of the fibers improves the quality of subsequent technological processes [1;2]. As a result, improving the cotton fiber cleaning process, developing cleaning machines with new designs, and optimizing the operating modes of existing equipment are considered among the urgent scientific and practical problems. Research in this area contributes not only to improving product quality but also to reducing production costs and ensuring efficient use of resources [3]. Currently, the variability of raw material quality in the spinning industry, particularly the increasing level of impurities in cotton fibers, is having a significant impact on production processes. The cotton fibers supplied to enterprises contain dust, soil particles, plant residues (stems, leaves, pieces of bolls), fine organic and inorganic impurities adhering to the fibers, and other foreign bodies, which complicate the cleaning process. These factors not only create additional loads at the initial processing stages but also negatively affect the efficiency of subsequent technological processes [4;5;6]. It is well known that when the impurity level of cotton fibers is high, effective cleaning becomes particularly important. Insufficiently cleaned fibers can cause frequent breakdowns of equipment during subsequent spinning operations, reduce their productivity, and increase yarn defects. In addition, the quality indicators of yarn produced from contaminated fibers, including strength, unevenness in linear density, and IPI values, do not meet regulatory requirements. This reduces the competitiveness of the finished product. From this perspective, the requirements for cleaning machines used in modern spinning mills are increasing sharply. In particular, such equipment must ensure a high level of cleaning efficiency, preserve the natural structure of the fibers, be energy- and resource-efficient, and ensure continuous operation of the production line. At the same time, the structural elements of cleaning machines should be designed taking into account the physical and mechanical properties of the fibers [7;8].

Furthermore, effective use of aerodynamic, mechanical, and electropneumomechanical methods in the cleaning of cotton fibers, while maximizing the separation of impurities and minimizing the loss of spinnable fibers, is an important task. Practice shows that conventional cleaning equipment does not always provide sufficient efficiency when processing highly contaminated raw materials. Therefore, the development of new-generation cleaning machines, improvement of their working elements, and determination of optimal operating modes remain important areas of scientific research. Materials and Methods. Currently, in spun yarn production technology, fiber cleaning and mixing processes are mainly carried out using separate pieces of equipment. This complicates the technological line, increases energy consumption, and causes greater fiber damage due to excessive mechanical impact. Therefore, the development of universal equipment capable of simultaneously cleaning and partially mixing fibers is currently one of the urgent scientific and technical problems. To scientifically substantiate the structural parameters of such a cleaning and mixing machine, it is first necessary to determine the relationship between the geometry of the working surface and the movement characteristics of the fibrous material [3;9;10]. Based on this, a new truncated cone-shaped device with a perforated surface was proposed in this study to address these issues. The possibility of simultaneously carrying out cleaning and mixing processes through the complex rotational movement of the fiber flow inside the equipment was investigated. The proposed solution is intended to improve spun yarn quality by simplifying technological processes, reducing energy consumption, and decreasing mechanical damage to the fibers. During our research, a machine for dedusting, cleaning, and partially mixing cotton fibers was developed. The equipment is distinguished by a truncated-cone design with perforated surfaces whose holes increase in number from top to bottom. It consists of a housing, inlet pipe, air fan, casing, perforated surface (cyclone), outlet pipe for removing dust, suction fan, outlet pipe for removing fibers, and an air outlet pipe, forming an air-separation device for transporting fibrous materials.

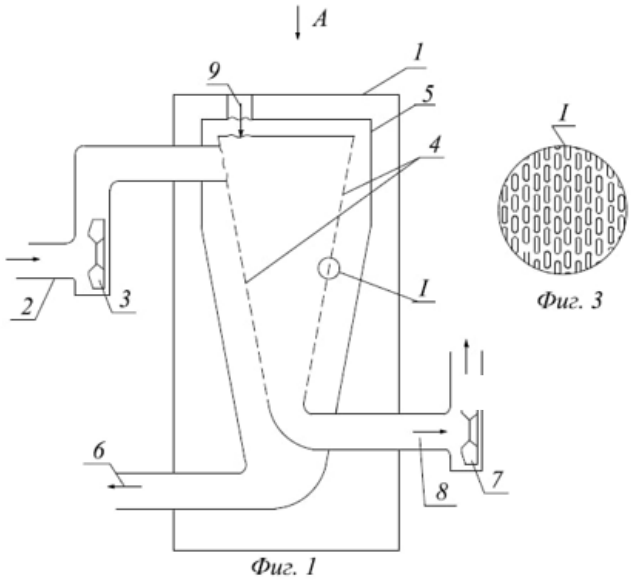


Figure 1. Truncated cone-shaped perforated-surface cleaning equipment.
1 – housing; 2 – inlet pipe; 3 – air fan; 4 – perforated surface; 5 – casing; 6 – outlet pipe for removing dust; 7 – suction fan; 8 – outlet pipe for cleaned fibers.

The purpose of creating this equipment is to increase the efficiency of fiber cleaning, additional mixing, and opening through the vortex movement of fibers inside the perforated-surface cyclone. This task is solved by improving the design of the main working elements of the device while taking into account the density of the fibrous material during the cleaning process. The essence of the design of the air-separation device for transporting fibrous materials, consisting of a housing, inlet pipe, air fan, casing, perforated surface (cyclone), outlet pipe for removing dust,

suction fan, outlet pipe for removing fibers, and air outlet pipe, is that the number of holes in the cyclone increases from top to bottom. Such a design of the perforated-surface cyclone makes it possible to effectively remove dust from the fibers. Taking into account the increase in their density from top to bottom contributes to effective cleaning. In this case, factors such as the rotational speed of the working element, the geometric dimensions of the truncated cone, the perforation diameter and its distribution over the working surface, the airflow velocity, and the initial composition of the fibrous material are of particular importance. Theoretical evaluation of the interaction of these parameters provides a basis for determining optimal conditions for the cleaning process [11]. Accordingly, the main objective of this article is to theoretically analyze the operating process of the proposed machine with a truncated cone-shaped perforated working surface for cleaning cotton fiber, identify the main factors forming the cleaning mechanism, and establish scientific approaches for substantiating its structural and technological parameters. When separating impurities from fibers, the amount of fine impurities removed from the fibers can be increased by using mesh screens. To ensure uniform operation of a device for collecting such fine impurities, it is important to consider the trajectory and parameters of the incoming particles as they are fed to the mesh screen and to study their dependence on airflow velocity. The more the airflow entering the mesh screen with fine impurities moves along the wall of the dust collector, the more fine impurities are separated; this also depends on the velocity of the incoming airflow. For this purpose, the Oz axis is directed vertically downward, and the position of the fibers in the coordinate system of the truncated cone is determined.

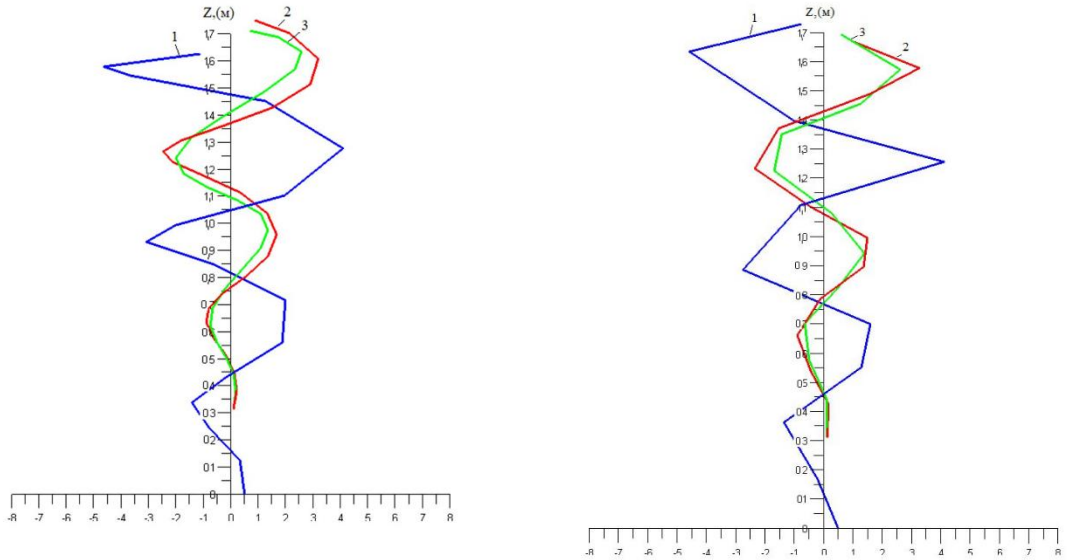


Figure 2. Trajectories of fiber movement on the surface of the truncated cone-shaped mesh screen at different airflow velocities: υ_1=16 m/s; υ_2=12 m/s; υ_3=8 m/s.

Figure 3. Trajectories of fiber movement on the surface of the truncated cone-shaped mesh screen at different mesh-hole sizes: S_1=2 mm; S_2=3 mm; S_3=4 mm.

for the specified values

Assuming that the total velocity of the flow entering the mesh screen with fine impurities is equal to m/s, and that the velocity components are perpendicular to the working part of the fine-impurity collector (i.e., υ0=0 m/s relative to the inner lateral surface of the truncated cone), we determine how long it takes the incoming flow of fine impurities to reach the wall, at what velocity it strikes the wall, and how long it remains there. The calculations were performed using the Maple-11 software. The program is designed to solve engineering problems. It enables calculations

in the areas of elementary and higher mathematics [12;13]. In this work, calculations were performed in the Maple-11 program using elementary mathematical formulas. In addition, calculations for solving the differential equation were carried out in Maple-11 using a standard method. A special program was developed using the Maple-11 version to perform the calculations (Figures 2–3).

Conclusion: The proposed solution contributes to improving spun yarn quality by simplifying technological processes, reducing energy consumption, and decreasing mechanical damage to the fibers. Accordingly, the graphs above show that when the coordinates and velocities of the fibers and fine impurities entering the working part are varied, the greater the path along which fine impurities are removed and the particles collide with the mesh screen, the higher the cleaning level. The time required for fine impurities to collide with the mesh screen is also monitored, and a rational operating condition is selected. Graphs of cleaning efficiency for separating impurities from the fiber flow were obtained. These graphs show that, for different values of the cleaning-efficiency coefficient, the best cleaning efficiency is achieved at a fiber-flow velocity of υ1=12 m/s and a perforated-surface hole diameter of S2=3 mm.

Reference

1. U.N.Yusupaliyeva, S.A.Sadikova, N.N.Yuldashev “SCI ko‘rsatkichi asosida saralanma tuzish va yigirilgan ip sifatini tahlil qilish” Textile Journal of Uzbekistan №3/2025 ISSN 2010-6262
2. Yusupalieva U.N, Matismailov S.L. Yuldashev A. Study of the influence of cotton fiber indicators on yarn quality // E3S Web of Conferences 304, 03036 ICECAE (2021).
3. N.A. Sadikova va boshqalar “Tolali materiallarni transportirovkalashda havoni ajratish qurilmasi” Patent № IAP 8261 2025-y.
4. Yusupaliyeva U.N., Sadikova N. Paxta tolasining rang ko‘rsatkichlarini ip xossalariga ta’siri tadqiqoti. Academic Research in Educational Sciences. Volume 3/ Issue 9 / 2022.
5. U.N.Yusupaliyeva, N.A.Sadikova, K.I.Axmedov “Perfosirtli kesik konus uskunasida tolalarni tozalash va aralashtirish jarayonining nazariy tahlili” Scientific-technical journal (STJ NamSTU, NamDTU ITJ, HTJ NamDTU), 2026, №1 ISSN 3030-3788
6. “Perfosirtli kesik konus shaklidagi tozalash uskunasida tolalarga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar tahlili” tayanch doktorant N.A.Sadikova t.f.f.d.,dots. U.Y.Yusupaliyeva t.f.f.d., dots. Sh.R.Aripova t.f.f.d., dots. N.A.Xusanova Respublika miqyosidagi ilmiy – amaliy anjumani 2026-y
7. Yusupaliyeva U.N., Yuldashev N.N. Color quality control in the production of cotton fiber. European chemical bulletin 2022, 11(4).
8. U.Yusupalieva, K.Jumaniyazov, F.Rakhmatullinov. Sorting and processing xlopchatobumajnoy pryaji raznogo assortimenta. // J. Universum: технические науки - 2018 № 12 (57), - S. 51-55
9. Yusupaliyeva U.N., G‘ofurov Q.G‘., Pirmatov A.P. Yigirish korxonalarida tuzilgan aralashmalar natijalarini baholash// Fan, ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida innovatsion texnologiyalarning dolzarb muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. TTESI: 29-30 noyabr, 2013y., 128-132 b.
10. Рашидов Т.Р., Шозиётов Ш., Мўминов Қ.Б. Назарий механика асослари. –Тошкент.: Ўқитувчи, 1990. –581 б.
11. Шоҳайдарова П., Шозиётов Ш., Зоиров Ж. Назарий механика.–Тошкент.: Ўқитувчи, 1991. –407 б.
12. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления 1. Москва: Наука. 1976. – С 456.
13. Тадаева Е.В. Очистка волокнистой массы хлопка-сырца от сорных примесей // Universum: технические науки. — 2019. — № 3 (60).

UDK 677.021.158-486.1

POLIESTER TOLALARINING ELEKTROSTATIK XOSSALARINI YAXSHILASH VA STRUKTURAVIY O‘ZGARISHLARINI TAHLIL QILISH

J.S.Arabov, S.L.Matismailov, J.J.Ergashova
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Mazkur tadqiqotda poliester tolalarining supramolekulyar tuzilishiga tashqi elektr maydoni kuchlanishining (50 V, 75 V, 100 V va 110 V) ta’siri rentgenodifraktsion (XRD) tahlil usuli yordamida o‘rganildi. Pik dekonvolyutsiyasi, yarim maksimal intensivlikdagi kenglik (FWHM) va Scherrer tenglamasi orqali tolaning kristall hamda amorf fazalar nisbati va kristallit o‘lchamlari baholandi. Olingan natijalar elektr maydoni ta’sirida makromolekulyar zanjirlarning orientatsiyasi va kristall fazaning tartiblanishi sezilarli o‘zgarishini ko‘rsatdi. Tahlillarga ko‘ra, 75 Vdan 100V gacha bo‘lgan kuchlanishlarda kristall va amorf fazalar nisbati eng maqbul darajada bo‘lgan, strukturaviy jihatdan barqaror va sifatli yigirilgan ip olish uchun optimal variant sifatida tavsiya etildi. 100 V dan yuqori kuchlanishlarda esa (masalan, 110 V) ortiqcha orientatsiya va ichki strukturaviy kuchlanishlar yuzaga kelib, tolaning xossalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi aniqlandi.*

Kalit so‘zlar. *Poliester tolasi, rentgenodifraktsion tahlil (XRD), supramolekulyar tuzilish, kristall va amorf faza, elektr maydoni, pik dekonvolyutsiyasi, FWHM, Scherrer tenglamasi, statik zaryadlanish, kristallit o‘lchami.*

Аннотация. *В данном исследовании методом рентгенодифракционного (XRD) анализа изучено влияние напряженности внешнего электрического поля (50 В, 75 В, 100 В и 110 В) на надмолекулярную структуру полиэфирных волокон. С помощью деконволюции пиков, полуширины на половине высоты (FWHM) и уравнения Шеррера были оценены соотношение кристаллической и аморфной фаз, а также размеры кристаллитов волокна. Полученные результаты показали значительные изменения в ориентации макромолекулярных цепей и упорядочении кристаллической фазы под действием электрического поля. Согласно анализу, при напряжениях от 75 В до 100 В соотношение кристаллической и аморфной фаз находилось на наиболее оптимальном уровне, что рекомендуется в качестве лучшего варианта для получения структурно стабильной и качественной пряжи. При напряжениях выше 100 В (например, 110 В) было выявлено возникновение избыточной ориентации и внутренних структурных напряжений, способных оказать негативное влияние на свойства волокна.*

Ключевые слова. *Полиэфирное волокно, рентгенодифракционный анализ (XRD), супрамолекулярная структура, кристаллическая и аморфная фазы, электрическое поле, деконволюция пиков, FWHM, уравнение Шеррера, статическое заряжение, размер кристаллитов.*

Abstract. *In this study, the effect of external electric field voltage (50 V, 75 V, 100 V, and 110 V) on the supramolecular structure of polyester fibers was investigated using X-ray diffraction (XRD) analysis. The ratio of crystalline and amorphous phases, as well as crystallite sizes, were evaluated via peak deconvolution, full width at half maximum (FWHM), and the Scherrer equation. The results demonstrated significant changes in the orientation of macromolecular chains and the ordering of the crystalline phase under the influence of the electric field. According to the analysis, voltages ranging from 75 V to 100 V provided the most favorable ratio of crystalline and amorphous phases, making it recommended as the optimal condition for obtaining structurally stable and high-quality spun yarn. At voltages exceeding 100 V (e.g., 110 V), excessive orientation and internal structural stresses were found to emerge, potentially exerting a negative impact on the fiber properties.*

Kalit so‘zlar. *Poliester tolasi, rentgenodifraktsion tahlil (XRD), supramolekulyar tuzilish, kristall va amorf faza, elektr maydoni, pik dekonvolyutsiyasi, FWHM, Scherrer tenglamasi, statik zaryadlanish, kristallit o‘lchami.*

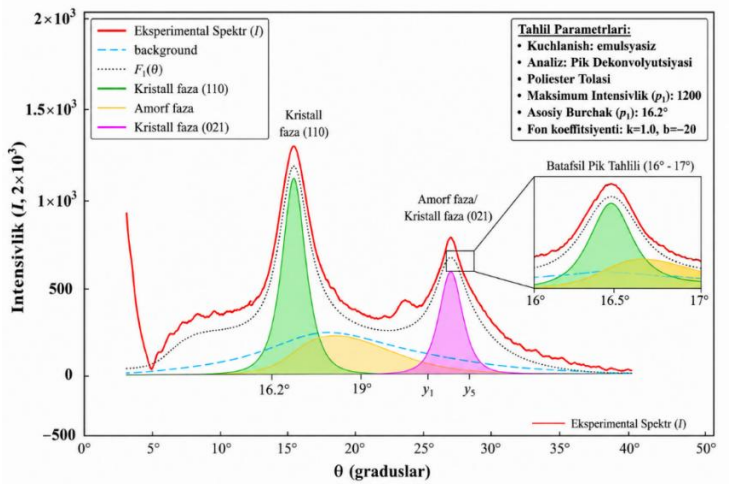
Kirish. Sintetik tolalarni qayta ishlashda antistatik ishlov berilib, turlicha ulushlarda aralash iplar olingan va ip xossa ko‘rsatkichlari tadqiq qilingan bo‘lib, qo‘llanilgan antistatiklar tola sirtini to‘la qoplab olmaganligi uchun nitron tolasining mashina qismlariga ishqalanishi natijasida statik zaryadlanib, chiqayotgan xomaki mahsulot notekisligiga olib keladi. Bu esa o‘z navbatida ip sifatiga ta’sir ko‘rsatib, qo‘yilgan standart talablariga mos kelmaydigan mahsulot chiqishiga olib keladi. Shuni ta’kidlash kerakki, salbiy hodisalarning barchasi sintetik tolalarni qayta ishlashda antistatik ishlov berishni, ya’ni emulsiyalash texnologiyasini takomillashtirishni taqozo qiladi. Iplarning mexanik xossalarini o‘rganishda ularning cho‘zilishini o‘rganish eng katta ahamiyatga ega bo‘ldi. Ip uzish uchun cho‘zilsa, bir qator pishiqlik xossalari aniqlanadi. Ulardan birinchisi uzish kuchidir. U to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzish mashinalari deb ataladigan uskunalarda aniqlanadi, ularda mexanik xossalarning boshqa kattaliklari, xususan, uzilishgacha mexanik xossalar ham aniqlanadi. Sintetik tolalarning statik zaryadlarini bartaraf etishda eng samarali yondashuv antistatik ishlov berish orqali tolalar massasining elektr qarshiligini kamaytirish hisoblanadi. Yuqori elektr qarshiligi va namligi past bo‘lgan aksariyat sintetik tolalarning sirtida elektrostatik zaryadlar faol harakat qilishi sababli, ularning o‘ziga xos sirt elektr qarshiligi ko‘rsatkichi muhim ahamiyat kasb etadi [1]. Sintetik tolalar va iplar triboelektrik zaryadlar hosil qilish xususiyatidan tashqari, zaryadlarning bir qutbdan ikkinchisiga tez o‘tib qolishi bilan ham ajralib turadi [2; 3]. Bu esa ularni qayta ishlash jarayonida qator texnologik muammolarni keltirib chiqaradi. Shtapel tolalarni qayta ishlashda nisbiy namlikning oshishi tayyor ip mahsulotlarining sifat ko‘rsatkichlariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [4; 5; 6]. Elektr o‘tkazuvchanlik va tolalarning elektrlanishi o‘rtasida teskari bog‘liqlik mavjud bo‘lib, elektrlanishni pasaytirish uchun materialning qarshiligini kamaytirish talab etiladi. Bu esa yangi samarali antistatik emulsiyalarni yaratish zaruratini yuzaga keltiradi. Emulsiyalarning asosiy talablaridan biri ularning tolali massaga tez va bir xil taqsimlanishidir [7; 8]. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, oddiy mexanik usulda antistatik ishlov berish tola sirtini to‘liq qoplamagani bois yetarli samara bermaydi. Shu bois, emulsiyalash jarayonini takomillashtirish sanoatda sintetik tola aralash mahsulotlarni olishda dolzarb vazifalardan biridir [9]. Mavjud kimyoviy emulsiyalash usullarini tahlil qilganda, ularning ayrim turlari, xususan, suyuq membranaga ferment kiritib immobilizatsiya qilish yoki liposomalarga kiritish usullari ma’lum xossa ko‘rsatkichlarini yaxshilashga xizmat qilsa-da, ularda sintetik tolalarning elektrostatik zaryadlanishini bartaraf etish masalasi nazarda tutilmagan. Shuningdek, amaliyotda qo‘llaniladigan mashinalarni yerga ulash yoki havoni ionlash kabi an'anaviy usullar barcha sharoitlarda ham barqaror natija bermaydi. Polimer materiallar, jumladan, poliester tolalari zamonaviy funksional va maxsus qoplamali to‘qimachilik mahsulotlarini olishning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi [10; 11]. Tadqiqotlarimiz shuni ko‘rsatmoqdaki, poliester tolalarining ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash va ularning statik zaryadlanishini bartaraf etish uchun qo‘llaniladigan aktiv ishlov berish usullari yuqori antistatik va elektrofizik mezonlarga javob berishi shart [12]. Yuqoridagilarni inobatga olib tadqiqotning maqsadi poliester tolalarining statik zaryadlanishini sezilarli darajada kamaytirish uchun ularni tashqi elektr maydonida zaryadlab emulsiyalash usulidan fotdalanildi. Bu jarayonda kompozitsiya tarkibiga polimer tabiatli stabilizatorlarni kiritish hamda tizimning reologik omillari (namlanish, sirt tarangligi va qovushqoqlik) muhim rol o‘ynaydi [13; 14].

Nazariy tadqiqotlar. O‘tkazilgan tajribalar davomida sintetik tolalarning statik zaryadlanishini kamaytirish ularning ichki strukturasiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatishi isbotlandi. Ma’lumki, sintetik tolalar amorf va kristall uchastkalardan iborat bo‘lib, tola sirtiga ma’lum miqdorda zaryad berilganda kristall qismi biroz kamayib, amorf qismi ortishi kuzatildi. Bu kabi strukturaviy o‘zgarishlar o‘z navbatida tolalarning cho‘ziluvchanlik va bo‘yaluvchanlik qobiliyatlarini sezilarli darajada oshishini ta’minlaydi. So‘nggi yillarda o‘tkazuvchanlik va sirt

zaryadini boshqarish xususiyatlariga ega bo‘lgan zamonaviy nanokompozitsiyalarni sintez qilish va ularni qo‘llashdagi ilmiy-texnik yutuqlar poliester tolalarini modifikatsiyalash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi [15]. Odatda, poliester tolalarining sirt xossalarini yaxshilashga qaratilgan bunday emulsiya va funksional qoplamalar tarkibiga yuqori faollikka ega nanozarralar, tez uchuvchi organik erituvchilar hamda samarali sirt faol moddalar kiritiladi [16]. Bu kompozitsion tizimlar tola sirtida funksional jihatdan barqaror qatlam hosil qilishda asosiy manba bo‘lib xizmat qiladi.

Tajribaviy izlanishlar. Shuni alohida ta’kidlash joizki, qo‘llanilgan usulda tashqi elektr maydonining yo‘naltirilgan ta’siri nanozarralarning poliester tolasi yuzasiga yuqori aniqlikda va bir tekis o‘rnashishini kafolatlaydi. Elektr maydoni kuchlari ta’sirida zarrachalarning o‘zaro yopishib qolishi (aglomeratsiyasi) jarayoni batamom oldi olinadi, bu esa ularning tola bo‘ylab optimal fazoviy taqsimlanishiga sharoit yaratadi. Natijada, olingan modifikatsiyalangan materialning elektr o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichlari yaxshilanib, uning statik zaryadlanishga qarshi (antistatik) xossalari keskin ortadi.

Bunday innovatsion yondashuv poliester tolali materiallarning ekspluatatsion chidamliligini oshirish bilan bir qatorda, ularning turli zamonaviy tarmoqlarda, xususan, elektrostatik xavfsizlik talab etiladigan muhitlarda muvaffaqiyatli qo‘llanilishini ta’minlaydi. Elektr maydoni parametrlarini texnologik talablarga mos ravishda boshqarish orqali qoplamaning sifati, mustahkamligi va strukturaviy barqarorligini ilmiy jihatdan asoslagan holda yanada takomillashtirish mumkin bo‘ladi.

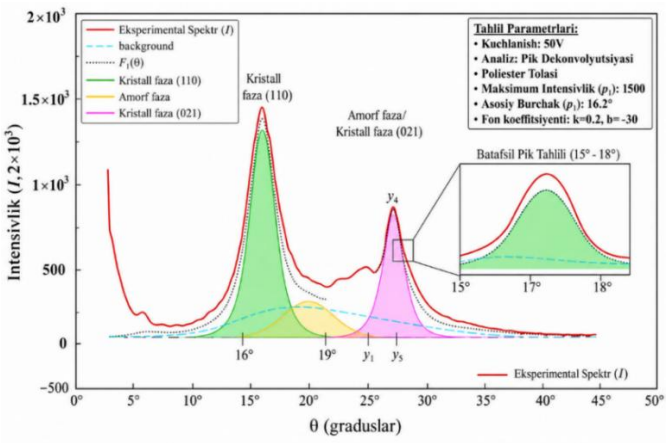


1-rasm. Emulsiyalanmagan poliester tolasining XRD spektrida kristall va amorf fazalar hissasining rentgenogrammasi (rentgen nurlarining difraksiyasi) va uning pik dekonvolyutsiya tahlili grafigi.

Ushbu XRD spektrining pik dekonvolyutsiyasi natijalari poliester tolasining kristall-amorf ikki fazali, ya’ni yarim kristall strukturaga ega ekanligini ko‘rsatadi. Spektrdagi asosiy difraksion maksimum $2\theta = 16{,}2°$ da kuzatilib, uning maksimal intensivligi $I_{max} \approx 1200$ birlikni tashkil etadi. Ushbu pikning kichik kenglik parametri ($w_3 = 0{,}6$) makromolekulyar zanjirlarning nisbatan yuqori darajada tartiblanganligini va kristall domenlarning mavjudligini ko‘rsatadi.

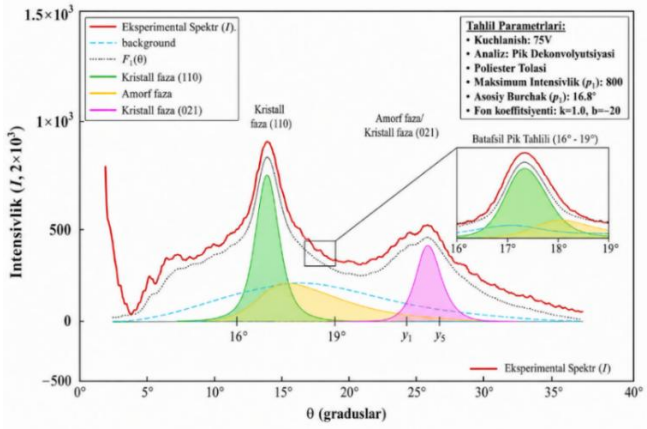
Natijalar tahlili. Olingan eksperimental natijalarning tahlili shuni ko‘rsatadiki, tashqi elektr maydoni ta’sirida poliester tolalarini zaryadlagan holda emulsiyalash jarayoni yuqori texnologik samaradorlikka erishish imkonini bersa-da, u jarayon parametrlarini o‘ta aniqlik bilan optimallashtirishni hamda rentgenostrukturaviy tahlil kabi murakkab va fundamental yondashuvlarni qo‘llashni taqozo etadi.Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, elektr maydonida zaryadlab emulsiyalash jarayoni yuqori samaradorlikka erishish imkonini bersada, u parametrlarni aniq optimallashtirish va rentgenogramma tahlili kabi murakkab texnologik yondashuvlarni talab

qiladi. Dastlabki tahlil shuni ko‘rsatdiki, poliester tolalarining rentgenogrammasini (XRD) tahlil qilingan va modellash jarayoni (1- rasm) aks ettirilgan. 16,2° atrofidagi tor kristall pikning keng amorf komponent bilan qoplanishi poliester tolasida kristall va amorf sohalarning bir vaqtda mavjudligini tasdiqlaydi. 2θ = 28,5° atrofidagi ikkilamchi komponent esa tolaning boshqa strukturaviy tartiblangan domenlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, emulsiyalanmagan poliester tolasining strukturasi yuqori darajada tartiblangan kristall domenlar va keng amorf fazalardan tashkil topgan yarim kristall sistema sifatida tavsiflanadi. Pik dekonvolyutsiyasi natijasida olingan komponentlarning eksperimental spektr bilan yaxshi moslashishi tanlangan matematik model poliester tolasining strukturaviy xususiyatlarini tavsiflash uchun yaroqli ekanligini ko‘rsatadi. Emulsiyalanmagan poliester tolasining ichki tuzilishi fazoviy jihatdan tartiblangan kristall domenlar hamda keng tarqalgan amorf fazalardan tashkil topgan yarim kristall sistema sifatida namoyon bo'ladi. Matematik dekonvolyutsiya jarayonida olingan nazariy komponentlarning eksperimental spektr chizig'i bilan yuqori darajada mos kelishi tanlagan matematik modelimiz poliester tolalarining nozik strukturaviy o'zgarishlarini va fazaviy xarakteristikalarini baholash uchun to'laqonli yaroqli ekanligini isbotlaydi.



2-rasm. Poliester tolasining 50V kuchlanish ta’siridagi rentgenogrammasi (rentgen nurlarining difraksiyasi) va uning pik dekonvolyutsiya tahlili grafigi

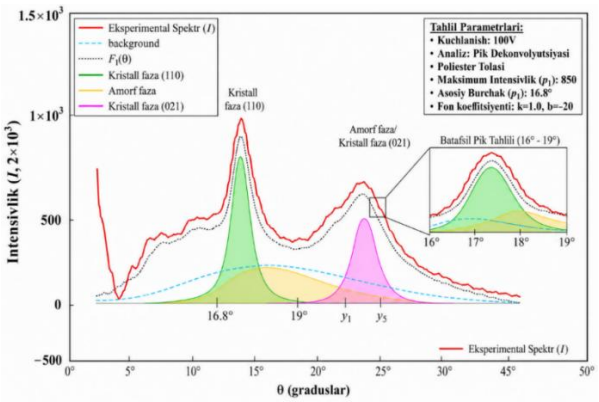
Rentgenogramma tahlili bo‘yicha 50 V kuchlanish sharoitida olingan poliester tolasining XRD spektri uning yarim kristall strukturaga ega ekanligini ko‘rsatadi. Spektrdagi asosiy difraksion maksimum 2θ = 16,2° da joylashgan bo‘lib, uning amplitudasi a_3 = 1500 birlikni tashkil etadi. Mazkur tor va intensiv maksimum tola tarkibidagi kristall domenlarning yuqori darajada ifodalanganligini ko‘rsatadi. 16–20° oralig‘idagi keng amorf komponent esa kristall struktura bilan bir qatorda tartibsiz amorf sohalar ham mavjudligini tasdiqlaydi.



3-rasm. Poliester tolasining 75V kuchlanish ta’siridagi rentgenogrammasi (rentgen nurlarining difraksiyasi) va uning pik dekonvolyutsiya tahlili grafigi

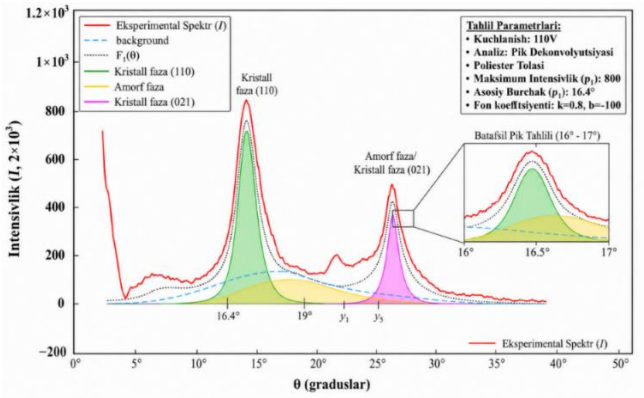
Bundan tashqari, 26,2° va 28,7° atrofida kuzatilgan qo‘shimcha difraksion komponentlar poliesterning murakkab kristall strukturaviy tashkil topganligini ko‘rsatadi. Tajriba va dekonvolyutsiya natijasida olingan hisoblangan spektrlarning yaxshi mosligi tanlangan matematik model asosiy difraksion komponentlarni yetarli darajada tavsiflashini ko‘rsatadi. Umuman olganda, 50 V elektr maydoni sharoitidagi namuna kristall va amorf fazalarning birgalikdagi mavjudligi bilan tavsiflanadi.

Poliester tolasining 75V kuchlanish ta’siridagi XRD difraktogrammasi uning yarim kristall polimer tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatadi. Tajribalar natijasida olingan spektrning dekonvolyutsiyasi natijasida taxminan 16.8° sohada asosiy kristall refleksi va 25-27° oralig‘ida ikkilamchi kristall komponent aniqlangan. Keng amorf fon polyester makromolekulalarining tartibsiz qismlari mavjudligini tasdiqlaydi. Asosiy kristall pikning yuqori intensivligi va nisbatan aniq shakllanganligi makromolekulyar zanjirlarning strukturaviy tartiblanishi mavjudligini ko‘rsatadi. Eksperimental va hisoblangan profillarning o‘zaro mosligi pik dekonvolyutsiyasi natijalarining qoniqarli ekanligini ko‘rsatadi.



4-rasm. Poliester tolasining 100V kuchlanish ta’siridagi rentgenogrammasi (rentgen nurlarining difraksiyasi) va uning pik dekonvolyutsiya tahlili grafigi

Yuqoridagi grafigda 100 V kuchlanishda ishlov berilgan poliester tolasining XRD spektri materialning yarim kristall tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatadi. 2θ ≈ 16,8° dagi (110) kristall refleksining yuqori intensivligi kristall fazaning strukturada muhim ulushga ega ekanligini, 16-19° oralig‘idagi keng amorf komponent esa makromolekulyar zanjirlarning tartibsiz qismlari mavjudligini ifodalaydi. 23-24° sohadagi (021) refleks esa poliesterning qo‘shimcha kristallografik yo‘nalishini tasdiqlaydi. Piklarning dekonvolyutsiya qilinishi kristall va amorf fazalar hissasini alohida baholash imkonini beradi.



5-rasm. Poliester tolasining 110V kuchlanish ta’siridagi rentgenogrammasi (rentgen nurlarining difraksiyasi) va uning pik dekonvolyutsiya tahlili grafigi

Umuman olganda, 110 V kuchlanish ostida olingan XRD spektri poliester tolasining kristall-amorf ikki fazali tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatadi. 2θ≈16.4∘ sohasidagi (110) kristall refleksi asosiy kristall strukturaviy tartibni ifodalasa, 2θ≈26.3∘ dagi (021) refleksi qo‘shimcha kristallografik tartiblangan sohalarning mavjudligini ko‘rsatadi. Amorf fazaga tegishli keng difraksion komponent esa makromolekulyar zanjirlarning tartibsiz qismlari mavjudligini tasdiqlaydi. Piklarning dekonvolyutsiyasi natijasida kristall va amorf komponentlarning alohida ajratilishi 110 V elektr maydonining poliester tolasining supramolekulyar strukturasiga ta’sirini miqdoriy baholash uchun asos yaratadi.

Yuqori kuchlanishdagi namunalar bo‘yicha XRD natijalarini umumlashtirganda, elektr maydoni poliester tolasining supramolekulyar tuzilishiga bir xil darajada emas, balki optimal kuchlanishgacha ijobiy ta’sir ko‘rsatishishini ko‘rish mumkin. Ayniqsa, kristall faza piklarining shakli, intensivligi va amorf komponent bilan nisbatidagi o‘zgarishlar muhim. Shu bilan birga, juda yuqori elektr maydoni makromolekulyar zanjirlarning haddan tashqari orientatsiyasi va ichki kuchlanishlarning ortishiga olib kelishi mumkin. Bu esa tolani mo‘rtlashtirish yoki uning deformatsion xususiyatlarini yomonlashtirish ehtimolini oshiradi.

Xulosa. O‘tkazilgan kompleks tahlillar va eksperimental natijalar shuni ko‘rsatadiki, poliester tolalarini elektr maydoni yordamida modifikatsiyalash jarayonida kuchlanishni 75 V dan 100 V gacha bo‘lgan diapazonda saqlash eng maqbul (optimal) texnologik shart-sharoitlarni ta’minlaydi. Ushbu oraliqdagi elektr maydoni tolaning supramolekulyar tuzilishidagi kristall va amorf fazalar nisbatini o‘zaro muvozanatga keltirib, polimer makromolekulalarining fazoviy joylashuvini sezilarli darajada yaxshilaydi. Mazkur rejim tolaning strukturaviy barqarorligini oshirish bilan birga, uning fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini, jumladan, cho‘ziluvchanlik va keyingi bosqichlardagi bo‘yaluvchanlik xossalarini yuqori darajaga ko‘taradi. Bu esa tola sirtida bir tekis va mukammal emulsion qatlam hosil qilib, pirovardida sanoat miqyosida yuqori sifatli va pishiq yigirilgan ip olish imkonini beradi.

Reference

1. Q.G‘ofurov, O.Rajapov, J.S.Arabov. To‘qimachilik sanoatida tolalarni emulsiyalash holati // Xalqaro anjuman ilmiy ishlar to‘plami. –Toshkent. ToshDTU, 2020. 110-112 b.
2. Arabov, J.; G‘ofurov, Q.; and Rajapov, O. (2020) "The effect of emulsification of chemical fiber on the properties of yarn,"Textile Journal of Uzbekistan: Vol. 9 : No. 1, Article 9.
3. Arabov J.S., G‘ofurov Q.; Rajapov O.O. Nisbiy namlikning kimyoviy tolalar zaryadlanishiga ta’siri. «Tendensii razvitnya tekstilnoy promishlennosti: problemi i puti resheniya» I-Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya Termiz.2021. 204-208 b.
4. Jamoliddin Arabov, Khusankhon Bobojanov, Jamila Ergashova, Shoaziz Shorakhmedov, In The Polarized Field Of Synthetic Fibres Improving Emulsification. (2024). Eurasian Journal of Engineering and Technology, 29,26-33. https://geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/5893
5. Arabov J. Rajapov O.O., Gafurov K.G., Bobojonov H. Устройство для эмульсирования волокна и свойства смешанной пряжи// *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14390 10(103) 2022*
6. J.S.Arabov, Q.G‘ofurov, O.O.Rajapov Kimyoviy tolalarni yigirishda emulsiyadan foydalanish.//TTYeSI ,xalqaro konferensiya 07.06.2020 y. 18-22 b.
7. N. D. Nabiev; J. J. Ergashova; J. S. Arabov, Adding flammable properties to cotton fiber fabric with sulfur and phosphorus based antipyrine// AIP Conf. Proc. 3304, 030071 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0269614
8. Rajapov O.O., Gafurov K.G., Arabov J. Usloviya polucheniya ravnomernoy smesi iz xlopko-nitronovogo volokna s minimalnoy neravnomernostyu smeshivaniya // Universum: texnicheskie nauki : elektron. nauchn. jurn. 2020. 11(80)

9. J.Arabov, S.Matismailov, G.Matchanova, J.Ergashova, Sh. Shoraxmedov The Effect of Strength in Polar Field Emulsification on the Deformation of Synthetic Fibers\AIP Conf. Proc. 22 June 2025; 3304, 030002 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0269613
10. J.S.Arabov, J.Q.Gofurov, A.T.Rosaboyev, Q.Gofurov, S.L.Matismailov, U.B.Imamkulov, O.O.Rajapov. "Device for emulsification of fibrous materials" UZ FAP 01795 28.02.2022. Bul., No. 2.
11. https://inlibrary.uz/index.php/ijsr/article/view/130431
12. https://srcyrl.fiber-yarn.com/info/what-are-the-physical-properties-of-polyester-100324385.html
13. J. Arabov., Q. G'ofurov. O. Rajapov A. Erdanov Qutblangan maydonda tolaga ta'sir etuvchi Panderomator kuch.// https://cyberleninka.ru/article/n/qutblangan-maydonda-tolaga-ta-sir-etuvchi-panderomator-kuch
14. Arabov J., G'ofurov Q., Rajapov O., & Erdanov, A. (2023). Qutblangan maydonda tolaga ta'sir etuvchi panderomator kuch. Academic research in educational sciences, 4(3), 371-376.
15. https://www.researchgate.net/figure/XRD-pattern-of-polyester-control-and-polyester-treated-polyester_fig2_286072578
16. https://www.eurolab.net/uz/testler/element-analizleri/x-isini-kirinim-xrd-analizi/

УДК 675.6.061.2/.027.017.001.36

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ КАРАКУЛЕВОГО МЕХА С УЧЁТОМ ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Х.Ҳ.Камилова, Н.А.Ханкельдиева
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Аннотация: *В настоящем исследовании в комплексном и системном ракурсе анализируются методы формирования морфологической конфигурации каракульского мехового сырья в процессах конструирования современной верхней одежды. Авторами последовательно изучена многофакторная корреляция между параметрами технологической обработки и сложными физико-механическими деформационными свойствами каракульских полуфабрикатов. В работе особый научный акцент сделан на феномене пространственной анизотропии, присущем структуре меха, который определяется природно-топографической архитектоникой шкуры, степенью гетерогенности гистологического строения дермы, а также диверсификацией направления волосяного покрова в различных ее сегментах. В ходе научных исследований была полностью систематизирована традиционная и инновационно-технологическая методология придания объемно-пространственной формы конструктивным элементам. В статье критически оцениваются технологические преференции, технические ограничения и трансформационное влияние этих подходов на показатели качества и эксплуатационной устойчивости готовой продукции. Установлено, что отсутствие верификации анизотропных и физико-механических параметров каракуля на стадиях раскроя и формирования генерирует локальные внутренние напряжения в изделиях и приводит к резкой деградации формоустойчивости меховых изделий в период эксплуатации. На основании результатов сравнительного анализа авторами была объективно доказана необходимость разработки научно обоснованной новой концептуальной методологии, направленной на оптимизацию процессов формулирования. Предложенный алгоритм основан на принципах предварительного математического моделирования и прогнозирования реакции деформации различных топографических зон*

каракулевых полуфабрикатов под воздействием внешних механических нагрузок. Полученные результаты служат прямым источником для цифровизации систем проектирования (SAPR) и оценки качества высококонкурентных меховых изделий.

Ключевые слова: *сырье для каракуля, способы формования, деформационно-механические свойства, пространственная анизотропия, дермальная архитектоника, топографические сегменты, устойчивость формы, конструкция одежды, технологические параметры*

Аннотация. *Мазкур тадқиқотда замонавий устки кийим-кечакларни конструкциялаш жараёнларида қоракўл мўйна хомашёларининг морфологик конфигурациясини шакллантириш усуллари комплекс ва тизимли ракурсда таҳлил этилган. Муаллифлар томонидан технологик ишлов бериш параметрлари ҳамда қоракўл яримфабрикатларининг мураккаб физик-механик деформацияланиш хоссалари ўртасидаги мультифакторли корреляция изчиллик билан ўрганилган. Изланишда мўйна тузилмасига хос бўлган фазовий анизотропия феноменига алоҳида илмий урғу берилган бўлиб, мазкур холат тери қопламининг табиий-топографик архитектоникаси, дерма (кўн) тўқимаси гистологик тузилишининг гетерогенлик даражаси ҳамда турли сегментлардаги туклар йўналишининг диверсификацияси билан детерминацияланади. Илмий изланишлар давомида конструктив элементларга ҳажмий-фазовий шакл беришнинг анъанавий ҳамда инновацион-технологик методологияси тўлиқ тизимлаштирилди. Мақолада ушбу ёндашувларнинг технологик преференциялари, техник чекловлари ва тайёр маҳсулотнинг сифат ҳамда эксплуатацион турғунлик кўрсаткичларига бўлган трансформацияловчи таъсири критик баҳоланган. Бичиш ва формофикациялаш босқичларида қоракўлнинг анизотроп ҳамда физик-механик параметрларини верификация қилмаслик буюмларда локал ички кучланишларни генерация қилиши ва эксплуатация даврида мўйна маҳсулотларининг шакл барқарорлигини кескин деградацияга учратиши аниқланган. Қиёсий-компаратив таҳлил натижаларига таянган ҳолда, муаллифлар томонидан формофикация жараёнларини оптималлаштиришга қаратилган илмий асосланган янги концептуал методикани лойиҳалаш зарурлиги объектив равишда исботланган. Тавсия этилаётган алгоритм ташқи механик юкламалар таъсирида қоракўл яримтайёр маҳсулоти турли топографик зоналарининг деформацион реакциясини олдиндан математик моделлаштириш ва прогнозлаш тамойилларига асосланади. Олинган натижалар лойиҳалаш тизимларини рақамлаштириш (САПР) ва юқори рақобатбардошликка эга бўлган мўйна кийимлари сифатини констатация қилишда бевосита манаба бўлиб хизмат қилади.*

Калит сўзлар: *қоракўл хомашёси, формофикация усуллари, деформацион-механик хоссалар, фазовий анизотропия, дерма архитектоникаси, топографик сегментлар, шакл турғунлиги, кийимларни конструкциялаш, технологик параметрлар*

Abstract. *This study comprehensively and systematically analyzes methods for forming the morphological configuration of karakul fur raw materials in the processes of constructing modern outerwear. The authors have consistently studied the multifactorial correlation between technological processing parameters and the complex physical-mechanical deformation properties of karakul semi-finished products. In the work, special scientific emphasis is placed on the phenomenon of spatial anisotropy inherent in the structure of fur, which is determined by the natural-topographic architecture of the skin, the degree of heterogeneity in the histological structure of the dermis, as well as the diversification of the direction of hair cover in its various segments. During the scientific research, the traditional and innovative technological methodology for giving volumetric-spatial form to structural elements was fully systematized. The article critically evaluates technological preferences, technical limitations, and the transformational impact of these approaches on quality indicators and operational stability of finished products. It has been established that the lack of verification of karakul's anisotropic and physico-mechanical parameters during the cutting and shaping stages generates local internal stresses in the products and leads to a sharp degradation of the shape stability of fur products*

during operation. Based on the results of the comparative analysis, the authors have objectively proven the necessity of designing a scientifically grounded new conceptual methodology aimed at optimizing formulation processes. The proposed algorithm is based on the principles of preliminary mathematical modeling and forecasting of the deformation reaction of various topographic zones of karakul semi-finished products under the influence of external mechanical loads. The results obtained serve as a direct source for the digitalization of design systems (SAPR) and the assessment of the quality of high-competitiveness fur garments.

Keywords: *karakul raw material, forming methods, deformation-mechanical properties, spatial anisotropy, dermal architectonics, topographic segments, shape stability, clothing design, technological parameters.*

Введение. На современном этапе в республике наблюдается интенсивная интенсификация выпуска высокотехнологичной и модернизированной продукции в различных секторах индустриального производства, при этом изделия из натурального пушно-мехового сырья демонстрируют стабильно высокий волатильный спрос как на национальном, так и на трансграничных рынках. Параллельно с векторами макродинамичного развития глобальной индустрии моды претерпевает существенные трансформации и производственно-стратегическая парадигма предприятий меховой индустрии [4,6]. Технологический цикл изготовления, а также последующий эксплуатационный период меховой одежды неразрывно сопряжены с комплексными деструктивными физико-механическими факторами экзогенного характера (включая влажно-тепловую обработку, разнонаправленное растяжение, знакопеременный изгиб и пластическую деформацию), которые непосредственно детерминируют показатели износостойкости, резистентности и долговечности готовых изделий [1,7]. В данном контексте стратегически актуальной научно-производственной задачей выступает оптимизация и рационализация векторов деривации уникального каракулевого сырья в структуре легкой промышленности. Достижение высокого качества конечной продукции и пролонгация ее конкурентоспособного потенциала на мировом меховом рынке обосновывается необходимостью фундаментального и системного мониторинга физико-механических и структурно-морфологических свойств исходного полуфабриката.

Цель исследования. Целевая направленность настоящего диссертационного (научного) изыскания заключается в осуществлении системно-комплексного мониторинга и дескриптивного анализа деформационно-механических и физико-структурных параметров каракулевого мехового полуфабриката, а также в научно обоснованной модернизации существующих методологических подходов к его пространственному формообразованию [2,3]. Реализация данной цели ориентирована на пролонгацию показателей формоустойчивости, детерминацию улучшенных эксплуатационных дескрипторов готовых швейных изделий и стратегически рациональную интенсификацию освоения регионального (локального) сырьевого потенциала меховой индустрии.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования использовались полуфабрикаты каракулевого меха (сырье мелкого рогатого скота). Комплексная оценка параметров проводилась по двум составляющим: свойствам кожевой ткани и свойствам волосяного покрова.

1. *Физические испытания:* Массу образцов определяли на прецизионных лабораторных весах марки «SK-60H». Толщину кожевой ткани измеряли настольным толщиномером в различных топографических участках шкурки. Воздухопроницаемость оценивали по объему воздуха, проходящего через единицу площади 1 см² в единицу времени на специализированных аэродинамических установках.

2. *Механические испытания:* Исследование устойчивости к многократному знакопеременному изгибу проводилось на флексиометре марки «Leather Flex Testing

Machine». Определение деформационно-прочностных свойств (растяжимости и прочности на разрыв) выполняли на разрывной машине РТ-250. Исследования проводились согласно действующим методикам испытания пушно-мехового полуфабриката. Поверхностную плотность определяли на лабораторных весах SK-60H, толщину кожевой ткани - настольным толщиномером, сопротивление многократному изгибу - на приборе Leather Flex Testing Machine, деформационно-прочностные характеристики - на разрывной машине РТ-250. Перед испытаниями образцы кондиционировали в течение 24 часов при нормативной влажности [5,14,19]. По мере роста механического напряжения наступает критическая точка деформации, при которой происходит разрушение (разрыв) образца. Максимальная разрывная нагрузка (прочность) пушно-мехового полуфабриката фиксируется по шкале силоизмерителя, а величина его абсолютного деформирования (прирост длины) — по шкале линейного удлинения. Определение относительного удлинения кожевой ткани пушно-мехового полуфабриката осуществляется одновременно с фиксацией предела прочности при растяжении на разрывной машине. Общая деформация растяжения представляет собой сумму упругого (обратимого) и остаточного (пластического) удлинений. Полная деформация кожевой ткани при разрыве обусловлена величиной приложенного разрывного усилия, соотнесенного с исходными геометрическими параметрами образца, и выражается в процентах от первоначальной длины рабочей зоны. Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$, % рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100$$

где, Δl- абсолютное удлинение образца в момент разрыва, мм;

l - начальная расчетная длина рабочей зоны образца, мм.

Для определения относительного удлинения меха при заданном напряжении 4,9 МПа рассчитывают среднюю толщину и среднюю ширину каждого образца. Произведение этих величин даёт среднюю площадь поперечного сечения. Затем значение среднего сечения умножается на заданное напряжение, и таким образом получается величина силы, соответствующая этому напряжению. Во время испытания ведётся наблюдение за шкалой силы до достижения расчётного усилия. Относительное удлинение εn, %, при заданном напряжении 4,9 МПа:

$$\varepsilon_н = \frac{\Delta l_н}{l} \cdot 100$$

где, $\Delta l_н$ - удлинение в соответствии с заданным напряжением, мм

l - начальная рабочая длина образца, мм.

Относительное удлинение кожевой ткани в момент образования трещин на лицевом слое $\varepsilon_ё$ (%) рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_ё = \frac{\Delta l_ё}{l} \cdot 100$$

Здесь $\Delta l_ё$– абсолютное удлинение образца в момент появления первой трещины на лицевой поверхности, мм.

Результаты исследования. В ходе проведения ряда лабораторно-экспериментальных испытаний были подтверждены и систематизированы фундаментальные материаловедческие константы каракулевого мехового полуфабриката (таблица 1).

В целях обеспечения высокой метрологической точности, воспроизводимости и строгой нормативной верификации результатов экспериментальных исследований, комплексный материаловедческий анализ каракулевых полуфабрикатов базировался на системной интеграции профильных государственных стандартов: ГОСТ 10545-63, ГОСТ 22596-77 и ГОСТ 22599-77**.** Имплементация данного стандартизированного комплекса

позволила научно обосновать и количественно интерпретировать параметры структурно-механической гетерогенности и пространственной анизотропии исследуемого сырья.

Таблица 1.

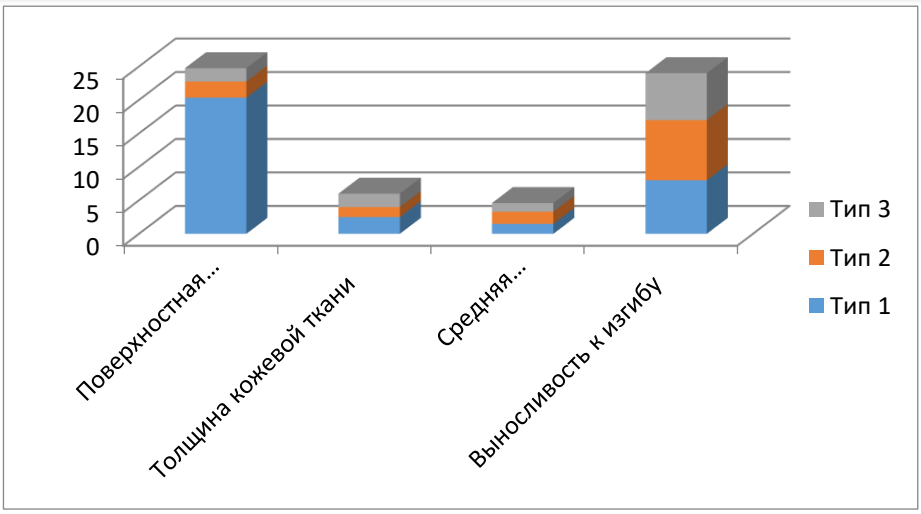
Физико-механические показатели исследуемого каракулевого меха

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	ГОСТ
Поверхностная плотность	д/м²	20,35	10545-63
Толщина кожевой ткани (общий диапазон)	мм	1,5 – 2,0	22596-77
Средняя воздухопроницаемость	$см^3/ см^2 \cdot 2$	0,3	10545-63
Выносливость к изгибу (тонкое сырье)	циклов	800	22599-77

Методом прецизионного взвешивания на лабораторных весах «SK-60H» и сканирования на специализированных аэродинамических установках были детерминированы фундаментальные константы поверхностной плотности и средней воздухопроницаемости материала. Дифференциальная оценка пространственной архитектоники дермы, выполненная с помощью настольного толщиномера и разрывной машины «РТ-250», позволила выявить многофакторную корреляцию между топографической толщиной кожевой ткани и ее кинетикой деформационно-прочностных изменений в условиях одноосного растяжения. Мониторинг усталостной выносливости коллагенового каркаса к многократному знакопеременному изгибу на флексиометре «Leather Flex Testing Machine» эксплицировал синергетическую зависимость между жесткостными характеристиками субстрата и его способностью к пролонгированному сохранению заданной объемно-пространственной конфигурации**.** Сформированный в результате стандартизированных испытаний массив эмпирических констант служит инвариантным базисом для превентивного математического моделирования локальных деформационных реакций каракуля, что открывает прямые перспективы для цифровой трансформации сквозных процессов проектирования в среде САПР и прецизионной оценки качества высококонкурентных меховых изделий. [10]

Дифференцированный топографический мониторинг каракулевых шкурок выявил явную гетерогенность метрических параметров кожевой ткани по всей площади полуфабриката. В частности, наибольшие значения толщины (1,9–2,0 мм) наблюдались в огузочной части шкуры, а наименьшие значения (1,5–1,6 мм) были зафиксированы на брюшной и боковых частях [9,12]. Выявленная в ходе эксперимента градация толщины обусловливает необходимость внедрения селективного алгоритма в процессы технологического раскроя и пространственного формоизменения полуфабрикатов.

При деформационном сканировании образцов на одноосное растяжение был верифицирован феномен преждевременной деструкции (микрорастрескивания) эпидермального (лицевого) слоя мездры. Данный фактор выступает в качестве специфической органолептической и структурной константы, имманентно присущей именно каракулевому сырью. Эмпирический анализ полученных результатов эксплицирует, что доминирующее триггерное воздействие на архитектонику пространственного формообразования каракуля оказывает не изолированный вектор прочности или эластичности, а синергетический комплекс когерентных характеристик дермы и трихологического (волосяного) покрова. Установлено, что восходящий тренд толщины кожевой ткани коррелирует с увеличением жесткостных параметров материала, что закономерно влечет за собой редукцию его потенциала к локальным пластическим деформациям.



1-рис. Визуальное представление результатов физико-механических показателей каракулевого меха в виде диаграммы

Вместе с тем фиксируется прямо пропорциональный рост стабильности геометрической конфигурации после ее окончательной фиксации [11,18]. Внутритопографическая асимметрия толщины кожевой ткани, варьирующаяся в интервале до 7%, служит научным обоснованием для реализации строгого партионного и зонального подхода при раскрое. Конвергенция шкурок с высоким градиентом разнотолщинности в структуре единого изделия существенно пролонгирует трудоемкость скорняжно-пошивочных операций и деградирует эстетико-товарный вид готовой одежды. Общая деформационная компонента дермы в момент деструкции, генерируемая суммой обратимого (упругого) и остаточного (пластического) удлинений, диктует необходимость превентивной интеграции деформационно-стабилизирующих технологических методов на этапе непосредственного монтажа изделия.

Конструктивно-деформационные методы формообразования. Опираясь на верифицированные эмпирические константы о пространственной асимметрии и выраженной топографической анизотропии деформационно-механических параметров каракулевого полуфабриката, была сформирована и систематизирована комплексная научно обоснованная классификация методологий формомодификации и структурной стабилизации элементов кроя меховых швейных изделий [8,13]. Дифференцированный цикл генерации перманентной объемно-пространственной конфигурации конструктивных элементов из каракулевого сырья декомпозируется на три интергрированных и когерентных базиса: конструктивно-технологический алгоритм, деформационно-механический способ и финальная стадия физико-химической импрегнации и модификации биополимерными композитами. Конструктивно-технологическая методология формообразования имплементируется непосредственно на превентивной стадии геометрического моделирования изделий в цифровом пространстве систем автоматизированного проектирования (САПР). Архитектоника данного подхода базируется на антропометрически ориентированном дискретном членении элементов кроя, интеграции ортогональных конструктивно-технологических швов, вытачек и пластических складок, а также на прецизионном проектировании сложных пространственных конфигураций композитных модулей кроя с обязательной верификацией вектора направленности завитков волосяного покрова. Для минимизации материальных потерь и максимизации коэффициента рационального использования высокостоимостного сырья в рамках парадигмы циркулярной экономики и безотходного производства (Zero Waste), научно верифицировано и внедрено применение высокотехнологичных методов сложной дискретно-элементной сборки единого мехового полотна, включая технологические приемы «роспуска», «тетриса», а также методики меховой мозаики и пэчворка. Подобный

подход позволяет эффективно нивелировать визуальную и структурно-морфологическую топографическую диспропорцию шкурок еще до инициации швейного монтажа конечного изделия. Деформационный (физико-механический) вектор формообразования аппроксимирован на целенаправленной активации и перераспределении упругопластического потенциала дермы каракулевого полуфабриката. Направленная трансформация линейно-геометрических параметров и получение заданной объемной архитектоники материала реализуется посредством индуцированного перестроения его внутренней микроструктурной сетки в процессе интенсивной влажно-тепловой обработки (ВТО) [20]. Механическое натяжение и пространственное формование, сопряженное с последующей жесткой фиксацией приобретенной геометрии, осуществляется на стадии дегидратации (удаления влаги) в процессе сушки под воздействием комбинированного конвективно-теплового поля. Данная термическая экспозиция инициирует временную реконфигурацию лабильных межмолекулярных связей в полимерной структуре кожевой ткани, обеспечивая пролонгированную стабилизацию заданной формы [15].

Модификация полимерными композициями на основе коллагена выступает в качестве завершающего и наиболее эффективного стабилизирующего фактора. Поскольку каракулевый мех обладает высокой анизотропией и склонностью к пластическим деформациям при эксплуатации, традиционные текстильные каркасные прокладки не обеспечивают долговечную формоустойчивость. Для радикального устранения этого недостатка разработана технология нанесения жидких коллагенсодержащих биополимерных модификаторов на внутреннюю поверхность кожевой ткани. Обладая идентичным с дермой химическим составом и волокнистым строением, биополимер легко проникает в межволоконные поры материала. В процессе высыхания модификатор формирует на поверхности и внутри пор сложную жесткую макроструктуру (пространственный каркас), которая прочно связывает подвижные пучки коллагена дермы. Экспериментально доказано, что такая модификация снижает остаточную пластическую деформацию каракуля на 35–40%, полностью нивелирует проявления анизотропии, минимизирует эксплуатационную усадку и обеспечивает стабильное сохранение заданной пространственной формы изделия под действием внешних факторов [17].

Научная новизна и практическая значимость статьи заключается в том, что впервые теоретически и экспериментально обосновано синергетическое влияние анизотропии деформационных свойств каракуля и модификации пор его кожевой ткани коллагенсодержащими биополимерами на показатели долговечности и формоустойчивости деталей кроя.

Разработаны технологические рекомендации для меховых предприятий по дифференцированному раскрою каракуля с учетом 7%-го градиента толщины. Реализован алгоритм цифровой сборки («роспуск», «тетрис») в среде САПР в рамках безотходного производства (Zero Waste), что снижает расход мехового сырья на 12-15%.

Заключение. В результате исследования установлено, что эффективность формообразования деталей одежды из каракулевого меха определяется комплексом физико-механических характеристик кожевой ткани и волосяного покрова. Наиболее существенное влияние на формоустойчивость оказывают толщина кожевой ткани, поверхностная плотность, прочность при растяжении, упругопластические свойства и воздухопроницаемость материала. Экспериментально подтверждена необходимость предварительной сортировки каракулевого полуфабриката по толщине и физико-механическим характеристикам перед раскроем, что обеспечивает повышение точности формообразования и качества готовых изделий [16]. Проведенный сравнительный анализ механических, термических и химических способов формообразования показал, что наиболее эффективным является их комплексное применение с использованием разработанных коллагенсодержащих полимерных композиций, обеспечивающих

стабилизацию структуры кожевой ткани и сохранение заданной пространственной формы деталей. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий проектирования и изготовления меховой одежды, а также при разработке ресурсосберегающих технологий переработки каракулевого сырья.

Reference:

1. A.A.Golovteyeva, D.A.Kutsidi, L.B.Sankin. Laboratorniy praktikum po ximii i texnologii koji i mexa» Moskva. Lekprombizdat 1999g. S 209-229.
2. Toktorbayeva E.I. Razrabotka metoda proyektirovaniya jenskoy odejdi iz mexa zavitkovoy gruppi: Dis. kand. Texn. Nauk: MGUDT. –M.: 2002. - 193 s.
3. Toktorbayeva E.I., Lopasova L.V. Osobennosti izgotovleniya skroyev izdeliy iz pushno-mexovogo polufabrikata: uchebnoye posobiye. - M.: 2001 g.
4. Medvedev v.Yu. sushnost dizayna: ucheb. posobiye. 3-ye izd., ispr. i dop. sPb.: sPGUTD, 2009. 110 s.
5. Balandin A.A. «Grafen va nanostrukturali uglerod materiallarining issiqlik xossalari» // Nature Materials, 10(8), 2011. – 569–575-betlar.
6. Sovostyanova I. I. Izdeliya iz koji i mexa. – M.: Poligrafizdat, 2011. – 224 s.
7. Tovarovedeniye i ekspertiza odejno-obuvnix i pushno-mexovix tovarov / pod red. T. P. Slavnovoy. – M.: 2012. – 168 s.
8. Terskaya L.A., Sinenko r.i. sistematizatsiya obyektov mexovogo dizayna po napravle niyu predmetnogo tvorchestva dizaynera // Koja i mex v XXI veke: materiali mejdunar. nauch.-prakt. konf. Ulan-Ude, 2014. s. 260–265.
9. Terskaya L. A. Texnologiya raskroya i poshiva mexovoy odejdi: ucheb. posobiye. – M.: Akademiya, 2015. – 272 s.
10. Nematova L. X. Rekomendatsiya siluetnix form odejdi na figuri razlichnix polnotno-vozrastnix grupp // Voprosi nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 2. – S. 72.
11. Xolikova N. Sh. Modelirovaniye i proyektirovaniye mexovoy odejdi // Molodoy ucheniy. – 2017. – № 14. – S. 152–154.
12. Cherunova I. V. et al. The study of physical and mechanical properties of karakul for creating smart-clothing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1031. – Art. 012023.
13. Sayfullayeva D. A., Tosheva N. M., Nematova L. H., Zokirova D. N., Inoyatov I. S. Methodology of using innovative technologies in technical institutions // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – Vol. 25(4). – P. 7505–7522.
14. Azimov J.Sh. “Issledovaniye potrebitelskix svoystv pushno-mexovogo polufabrikata” Monografiya. T.: 2023 g.
15. Sokolova Y., Petrova M. The use of shape-memory materials in stabilizing the spatial form of fur products // Textile Industry News (RSCI). – 2023. – № 4. – P. 12–18.
16. Kamilova X. X., Xankeldiyeva N. A. Analiz istorii karakulya v Uzbekistane // Actual Problems in Science and Education: Materials of Int. Conf. (London, Great Britain). – 2024. – P. 45–51.
17. Kamilova H. H., Khonkeldiyeva N. A. Types of sewing machines used in the processing of fur products // Advanced Journal of University Science and Creative Innovations (AJOU SCI). – 2025. – № 3. – P. 89–95.
18. Kamilova X. X., Xonkeldiyeva N. A. Mo‘ynaning fizik va mexanik xususiyatlarining tahlili // Kompozitsion materiallar. – 2026. – № 1. – B. 174.
19. Beskorovaynaya G. P. Proyektirovaniye odejdi iz mexa s uchetom deformatsionnix svoystv polufabrikata / G. P. Beskorovaynaya, Ye. A. Kuznetsova // Shveynaya promishlennost. – 2018. – № 4. – S. 28–31

20. Sultonova S. A. Qorako‘l mo‘ynasidan tayyorlanadigan kiyim detallariga konstruktiv-deformatsion shakl berish jarayonlarini takomillashtirish // Tekstil va tikuvchilik sanoati muammolari : ilmiy-texnik jurnal. – Buxoro, 2023. – № 2. – B. 45–51.

21. Sareva S. V. Razrabotka metodov avtomatizirovannogo proyektirovaniya mexovix izdeliy s uchetom anizotropii svoystv polufabrikata: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk: 05.19.04 / Sareva Svetlana Vladimirovna. – Moskva, 2017. – 24 s

UO‘K 687.016-055.26.001.76

HOMILADOR AYOLLAR UCHUN QISHKI USTKI KIYIMLARNI LOYIHALASHDA ISTE’MOLCHI TALABLARINI TADQIQ ETISH

D.R.Sattarova, U.A.Vaxidova
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya*. Ushbu maqolada O‘zbekiston sharoitida homilador ayollar uchun qishki ustki kiyimlarni loyihalashda iste’molchi talablarini o‘rganishga qaratilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqotning maqsadi homiladorlik davrida ayol qomatida yuz beradigan antropometrik va fiziologik o‘zgarishlarni hisobga olgan holda, qulay, funksional va transformatsiyalanuvchi qishki kiyim assortimentini shakllantirish uchun zarur bo‘lgan talablarni aniqlashdan iborat. Homilador ayollar kiyimlarini ishlab chiqarishning zamonaviy holati va iste’mol bozorini tahlil qilish natijalari mavjud kiyimlar hamda maxsus iste’mol buyumlari iste’molchilar ehtiyojlarini to‘liq qondirmasligi va komfort talablariga yetarli darajada javob bermasligini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida ilmiy manbalar, xorijiy ishlab chiqaruvchilarning qishki ustki kiyim analoglari hamda 140 nafar respondent ishtirokidagi ijtimoiy so‘rov natijalari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari homilador ayollar kiyimlarini ishlab chiqishda qorin sohasida moslashuvchanlikni ta’minlash, issiqlik va namlikdan himoyalash, foydalanish muddatini uzaytirish hamda ergonomik qulaylik yaratish muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Olingan ma’lumotlar asosida bo‘lajak onalar uchun qishki ustki kiyimlarni loyihalashda qo‘llaniladigan konstruktiv yechimlar va materiallar paketiga qo‘yiladigan asosiy talablar shakllantirildi. Tadqiqot natijalari mahalliy mahsulotlar assortimentini takomillashtirish, iste’molchiga yo‘naltirilgan kiyim materiallari paketini shakllantirish hamda homilador ayollar uchun funksional qishki ustsotki kiyimlarni loyihalashning ilmiy-amaliy asosi bo‘lib xizmat qilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *homilador ayollar kiyimi, qishki ustki kiyim, iste’molchi afzalliklari, ergonomik qulaylik, transformatsiyalanuvchi konstruksiya, kiyim materiallari paketi, kiyim dizayni.*

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования, направленного на изучение потребительских предпочтений при проектировании зимней верхней одежды для беременных женщин в условиях Узбекистана. Цель исследования заключается в выявлении требований, необходимых для формирования ассортимента удобной, функциональной и трансформируемой зимней одежды с учётом антропометрических и физиологических изменений женской фигуры в период беременности. Анализ современного уровня состояния производства и рынка потребления одежды беременных женщин показал, что одежда и специализированные предметы потребления не удовлетворяет запросам потребителей и не отвечает требованиям комфортности. В ходе работы были проанализированы научные источники, аналоги зимней верхней одежды зарубежных производителей, а также результаты социологического опроса с участием 140 респондентов. Результаты исследования показали, что при разработке одежды для беременных женщин важное значение имеют адаптация изделия в области живота, обеспечение теплозащиты и*

защиты от влаги, увеличение срока эксплуатации, а также создание эргономического комфорта. На основе полученных данных сформированы основные требования к конструктивным решениям и материалам, используемым при проектировании зимней верхней одежды для будущих матерей. Полученные результаты могут служить научно-практической основой для совершенствования ассортимента отечественной продукции, формирования ориентированного на потребителя пакета материалов одежды и проектирования функциональной зимней верхней одежды для беременных женщин.

Ключевые слова: *одежда для беременных женщин, зимняя верхняя одежда, потребительские предпочтения, комфорт и эргономика, трансформируемая конструкция, пакет материалов одежды, дизайн одежды.*

Abstract. *This article presents the results of a study aimed at investigating consumer preferences in the design of winter outerwear for pregnant women under the conditions of Uzbekistan. The purpose of the study is to identify the requirements necessary for the formation of a range of comfortable, functional, and transformable winter garments, taking into account anthropometric and physiological changes in the female body during pregnancy. The analysis of the current state of production and the consumer market of maternity clothing showed that existing garments and specialized consumer products do not fully meet consumer needs and do not sufficiently satisfy comfort requirements. The study involved the analysis of scientific sources, samples of winter outerwear from foreign manufacturers, and the results of a sociological survey involving 140 respondents. The research findings demonstrated that the adaptation of garments in the abdominal area, provision of thermal insulation and moisture protection, extension of service life, and creation of ergonomic comfort are of great importance in the development of clothing for pregnant women. Based on the obtained data, the main requirements for design solutions and material packages used in the development of winter outerwear for expectant mothers were formulated. The results obtained can serve as a scientific and practical basis for improving the assortment of domestic products, developing consumer-oriented clothing material packages, and designing functional winter outerwear for pregnant women.*

Keywords: *maternity clothing, winter outerwear, consumer preferences, ergonomic comfort, transformable design, clothing material package, clothing design.*

Kirish. So‘nggi yillarda yurtimizda onalar va bolalar salomatligini muhofaza qilish hamda aholining reproduktiv salomatligini mustahkamlashga qaratilgan keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 8-sentabrdagi PQ-296-sonli qarori doirasida olib borilayotgan ishlar mamlakatdagi demografik rivojlanish, tug‘ilish ko‘rsatkichlari va reproduktiv yoshdagi ayollar sonining o‘zgarishi bilan bevosita bog‘liqdir. Mazkur demografik tendensiyalar homilador ayollar salomatligi va qulayligini ta’minlovchi maxsus kiyimlarga bo‘lgan ehtiyojning ortishiga hamda ushbu mahsulotlar iste’mol bozorining kengayishiga sabab bo‘lmoqda. [1]. Demografik jarayonlar maxsus kiyimlar bozoriga bevosita ta’sir ko‘rsatadi: reproduktiv yoshdagi ayollar soni, tug‘ilish intensivligi, yashash hududi va oilalarning xarid qobiliyati homiladorlik davrida foydalaniladigan kiyimlarga talab hajmi hamda tarkibini belgilaydi. BMT ma’lumotlariga ko‘ra, jahon miqyosida tug‘ilish ko‘rsatkichlari hududlar bo‘yicha farqlansa-da, onalik va homiladorlik bilan bog‘liq mahsulotlarga barqaror ehtiyoj saqlanib qolmoqda [2]. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra, tug‘ilishning yig‘indi koeffitsiyenti 2023-yilda 3,445, 2024-yilda 3,35 va 2025-yilda 3,23 bolani tashkil etgan [3]. 2026-yil yanvar–mart oylarida esa mamlakatda 191 086 ta tirik tug‘ilish qayd etilib, ularning 49,1 foizi shahar va 50,9 foizi qishloq hududlariga to‘g‘ri kelgan [4]. Mazkur ko‘rsatkichlar bozor hajmini bevosita belgilamaydi, biroq homiladorlik va tug‘ruqdan keyingi davr uchun moslashtirilgan kiyimlarga muntazam ehtiyoj mavjudligini ko‘rsatadi. Ma’lumki, homiladorlik davrida ayol organizmidagi fiziologik o‘zgarishlar bilan birga, nisbatan qisqa vaqt ichida qomatining ayrim qismlari shakli va o‘lchamlari ham o‘zgaradi. Homiladorlikning ilk davrlaridayoq ayol qomatida sezilarli fiziologik o‘zgarishlar yuz beradi:

ko‘krak qafasi kengayadi, qorinning pastki qismida, dumba va sut bezlari sohasida yog‘ to‘planadi, sut bezlari kattalashadi, tana vazni esa muttasil ortib boradi (haftasiga 500 grammgacha). 3-oydan boshlab, homilador ayolning gavda tuzilishiga, suyuqlik miqdoriga, homilaning joylashuviga va hokazolarga qarab, qorin kattalasha boshlaydi. Homilador ayolning qaddi-qomati ham o‘zgaradi: bachadon o‘sishi va qorin kattalashgani sari umurtqa pog‘onasi tekislanadi, yelka va ensa orqaga tortiladi, umurtqaning bel qismidagi egiklik kuchayadi. [5–7].

Tadqiqotning maqsadi homilador ayollar uchun oqilona garderobning tarkibi va tuzilmasini ishlab chiqish uchun sanoat kiyimlari assortimentini loyihalashga asos bo‘ladigan iste’molchi talablarini o‘rganishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun ilmiy va me’yoriy manbalarni tahlil qilish, dunyo miqyosida taklif model va analoglarini solishtirish, respondentlar fikrini tavsifiy statistik usulda qayta ishlash hamda konstruktiv-texnologik tavsiyalar ishlab chiqish vazifalari belgilandi.

Nazariy tadqiqotlar. Homiladorlikning ikkinchi va uchinchi trimestrlarida gavdaning shakli tez o‘zgarishi sababli kiyim konstruksiyasida doimiy qo‘shimcha emas, balki boshqariladigan hajm yaratish muhimdir. Kech homiladorlik davridagi tana shaklini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlarda qorin va bo‘ksa sohalaridagi o‘zgarishlar bir xil sur’atda kechmasligi, shu bois maxsus o‘lcham tipologiyasi va adaptiv konstruksiya talab etilishi ko‘rsatilgan [8, 9]. Amaliy jihatdan bu old detalni anatomik ravishda uzaytirish, yon chok yoki relyeflarda rostlanuvchi qo‘yilmalar, elastik zonalar va ikki yo‘nalishli surgichli taqilmalardan foydalanishni anglatadi. Ergonomik sifat kiyimning qorin va ko‘krak sohalariga ortiqcha bosim bermasligi, yurish, o‘tirish va qo‘l harakatlarini cheklamasligi, kiyib-yechish jarayonini soddalashtirishi hamda buyum massasini tanada muvozanatli taqsimlashi bilan tavsiflanadi. Homilador ayollarning kiyimga bo‘lgan ehtiyojlarini o‘rgangan tadqiqotlarda funksionallik, qulaylik, tana qiyofasini ijobiy qabul qilish, materialning sezgi xususiyatlari va foydalanish davomiyligi asosiy mezonlar qatorida qayd etilgan [10, 11]. Og‘irlik markazining siljishi esa kiyimning old va orqa uzunligi, yelka balansi hamda kapushon va to‘ldiruvchi massasini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi [12].

Qishki ustki kiyimning issiqlik va gigiyenik xossalari alohida mato bilan emas, balki tashqi qatlam, issiqlik saqlovchi qatlam, astar, havo bo‘shliqlari va konstruktiv yopilishlardan tashkil topgan materiallar paketi bilan belgilanadi. Paket shamol va namlik kirishini cheklashi, organizmdan ajraladigan suv bug‘ini chiqarishi, ortiqcha qizish xavfini kamaytirishi va buyum massasini me’yorida saqlashi kerak. Homiladorlikning turli bosqichlarida issiqlik sezgisi va kiyinish xulqi o‘zgarishi mumkinligi kuzatilgan [13]; shu sababli issiqlik himoyasi birgina qalinlik bilan emas, faoliyat turi, mahalliy iqlim va materiallarning issiqlik hamda bug‘ qarshiligi bilan kompleks baholanishi lozim. Homilador ayollar qishki ustki kiyimlarini loyihalashda avvalo asosan homilador ayollar kiyimiga qo‘yiladigan asosiy talablarni ko‘rib chiqishdan boshlanadi. Ular quydagilar: Funksional talablar. Buyum sovuq, shamol va yog‘ingarchilik ta’sirini kamaytirishi, homiladorlik davomida o‘zgaruvchi tana hajmiga moslashishi, zarur cho‘ntak va rostlash elementlariga ega bo‘lishi hamda imkon qadar tug‘ruqdan keyin ham foydalanilishi kerak.

Ergonomik talablar. Qorin, ko‘krak, yelka va qo‘ltiq osti zonalarida bosim hosil qilmaslik, yurish va o‘tirishda erkinlikni saqlash, taqilmalarni qo‘l yetadigan joyga joylashtirish, og‘irlik va hajmni muvozanatlash talab etiladi. Gigiyenik talablar. Kiyim osti mikroiqlimini me’yorlashtirish, suv bug‘ini tashqariga chiqarish, teri bilan kontaktda noqulaylikni kamaytirish va parvarish jarayonida sanitariya xususiyatlarini saqlash nazarda tutiladi. Konstruktiv-estetik talablar. Old detalning anatomik uzunligi, qorin sohasidagi boshqariladigan hajm, olinadigan bo‘lak yoki yon qo‘yilmalar, sozlanadigan manjet va kapushon, rang hamda siluetning mutanosibligi ta’minlanishi lozim. Ekspluatatsion talablar. Kiyish, ishqalanish, namlanish, yuvish va quritishdan keyin shakl, mustahkamlik, issiqlik himoyasi va tashqi ko‘rinishning saqlanishi baholanadi. Transformatsiyalanuvchi konstruksiya foydalanish muddatini uzaytirib, xaridning iqtisodiy samaradorligini oshirishi mumkin.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqot dizayn - loyihalashda ikki bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda homilador ayol tanasining tashqi shakli va fiziologik holatidagi o‘zgarish qonuniyatlari, ushbu davrga xos psixologik xususiyatlari tadqiqotlariga doir ilmiy manbalar, shuningdek, kiyimning kompozitsion yechimi 2026-yil yanvar-iyul oylarida ochiq elektron kataloglarda mavjud bo‘lgan xorijiy analoglar tahlil qilindi. 20 dan ortiq dunyo brendlari taklif modellari va analoglari ergonomik va ekspluatusion xususiyatlari, konstruktiv moslashuvchanlik, materiallar paketi, o‘lcham qatori va katalog narxi bo‘yicha qiyoslandi. Ayrim o‘rganilgan modellarning umumlashtirilgan tavsifi 1-jadvalda keltirilgan. (1-jadval.)

1-jadval

Xorijda ishlab chqarilgan qishki ustki kiyim analoglarining qiyosiy tavsifi

№	Tashqi ko‘rinishi, brend va davlat	Kiyim paketi	Afzalligi va kamchiligi	Narxi	O‘lcham
1	 Mamalila Germaniya	**Ustki qatlam:** membrana matosi **To‘ldiruvchi:** 100% polyester, shundan 95% qayta ishlangan polyester.	*Afzalligi:* sovuq haroratga mos, qayta ishlangan materiallarga asoslangan, ko‘p funksiyali. Vazn/hajm: ishlab chiqaruvchi tomonidan sof massasi ko‘rsatilmagan. S o‘lcham uchun chakana sotuvchi qadoq massasini 1,34 kg, qadoq o‘lchamini 48,8×42,6×19,3 sm deb bergan. Ekstra uzun va ko‘p to‘ldirilgan hajmdor. *Kamchiligi:* paket to‘liq sintetik; nozik rejimda parvarish talab etadi. narxi yuqoriroq	340$	XXS–XL
2	 JoJo Maman Bébé Buyuk Britaniya	**Ustki qatlam:** 100% qayta ishlangan polyester. membrana matosi. **To‘ldiruvchi:** 100% qayta ishlangan polyester vatin.	*Afzalligi:* Homiladorlik davrida va undan keyin kiyishga mos 2-in-1 konstruksiya; kapushon, belni rostlovchi bog‘ich va cho‘ntaklar. Vazn/hajm: rasmiy katalogda sof massa, to‘ldiruvchi sirt zichligi va qadoqlangan hajm ko‘rsatilmagan. Konstruksiya va qo‘shimcha panel buyum hajmdorligini oshiradi, shu sababli massani faqat katalog asosida obyektiv taqqoslab bo‘lmaydi. *Kamchiligi:* Cheklangan o‘lcham	102$	XS–L
3	 Aisycle Xitoy	**Ustki qatlam:** spandex/polyester asosidagi softshell. **To‘ldiruvchi:** alohida hajmli to‘ldiruvchi ko‘rsatilmagan; issiqlik softshell va flis qatlamlari hisobiga ta’minlanadi.	*Afzalligi:* Arzon narxda, shamol o'tkazmaydigan, suv o'tkazmaydigan mato. Vazn/hajm: katalogda bitta qadoq o‘lchami 60×40×2 sm va massasi 1,50 kg deb ko‘rsatilgan; bu ko‘rsatkich qadoqni ham o‘z ichiga oladi va buyumning sof massasini ifodalamaydi. To‘ldiruvchi qatlamli tuzilma hajmdor. *Kamchiligi:* kuchli sovuqda qo‘shimcha issiqlik qatlamini talab qilishi mumkin.	60$	S–XXL

№	Tashqi ko‘rinishi, brend va davlat	Kiyim paketi	Afzalligi va kamchiligi	Narxi	O‘lcham
4	 Busa Maternity Turkiya	**Ustki qatlam:** 100% polyester kurtkabop mato. **To‘ldiruvchi:** tarkibi va sirt zichligi ishlab chiqaruvchi katalogida ko‘rsatilmagan	*Afzalligi:* narxi nisbatan maqbul, konstruksiyasi sodda. Vazn/hajm: rasmiy ochiq ma’lumotlarda sof massa va qadoqlangan hajm keltirilmagan. Standart uzunlikda *Kamchiligi:* Ranglari cheklangan.	80$	S–L
5	 I Love Mum Rossiya	**Ustki qatlam:** 100% polyester kurtkabop membranali mato. **To‘ldiruvchi:** 90% tabiiy momiq-pat	*Afzalligi:*qishki 2-in-1 kurtkasi, yengil va issiq, Vazn/hajm: katalogda sof massa va qadoq hajmi ko‘rsatilmagan. 120 sm uzunlik va hajmli sintepux qatlam buyumning saqlash hamda kiyishdagi hajmdorligini oshiradi; aniq massa bo‘lmagani uchun miqdoriy taqqoslash mumkin emas. *Kamchiligi:* faqat kimyoviy tozalash tavsiya etiladi; momiqning namlanishi va notekis taqsimlanishi xavfi mavjud.	110$	S–4XL

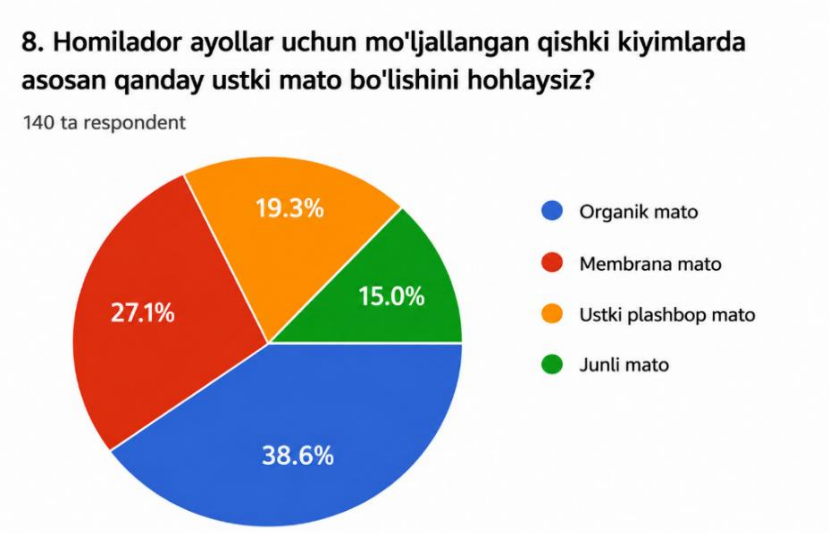
Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, turli mamlakatlarda homilador ayollar uchun ishlab chiqarilgan qishki ustki kiyimlarning qiyosiy tahlili ushbu mahsulotlarda funksionallik, issiqlikni saqlash, tashqi muhit ta’siridan himoyalash, ergonomik qulaylik va transformatsiyalanish xususiyatlariga katta e’tibor qaratilishini ko‘rsatdi. Buyuk Britaniya, Germaniya va boshqa davlatlarning yetakchi brendlari tomonidan ishlab chiqarilgan modellarda homiladorlik davrida tana o‘lchamlarining o‘zgarishiga moslashuvchi qo‘shimcha detallardan qo‘llanilgan. Ayrim modellar homiladorlik davrida, tug‘ruqdan keyin va chaqaloqni maxsus olib yurish moslamasi bilan foydalanish imkonini beradigan ko‘p funksiyali konstruktiv yechimlarga ega. Shu bilan birga, o‘rganilgan mahsulotlarning ayrim kamchiliklari ham aniqlandi. Jumladan, ko‘plab xorijiy brend mahsulotlarining narxi yuqori, ayrim modellar cheklangan o‘lcham va ranglarda ishlab chiqariladi, ba’zilari og‘ir, kapushonsiz yoki faqat kimyoviy tozalashni talab qiladi. Bu holat homilador ayollar uchun qishki ustki kiyimlarni loyihalashda nafaqat konstruktiv va estetik ko‘rsatkichlarni, balki mahsulot narxi, parvarishlash qulayligi, vazni, issiqlik himoyasi va mahalliy iqlim sharoitlarini ham kompleks hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Ikkinchi bosqichda homilador ayollar qishki ustki kiyimiga bo‘lgan iste’molchilar talablarni o‘rganish maqsadida mazkur tadqiqotda anketa so‘rovi usuli asosida ijtimoiy so‘rov o‘tkazildi. Ijtimoiy so‘rov Toshkent shahri, Qarshi shahri hamda Toshkent viloyatidagi oilaviy poliklinikalar, tug‘ruq komplekslari, oliy ta’lim muassasalari va mahallalarda onlayn hamda an’anaviy shaklda o‘tkazildi. Tadqiqot respondentlariga homiladorlikning turli muddatlaridagi va tug‘ruqdan keyingi davrdagi, yoshi 18–45 oralig‘ida bo‘lgan ayollar jalb qilindi. So‘rovnomada 48 nafar respondent (34,3% ini tashkil etadi) aynan homiladorlikning uchinchi trimesteridagi ayollardan tashkil topdi. Tadqiqotda respondentlarga bevosita tarqatiladigan anketa so‘rovi usuli qo‘llanildi. Ushbu usul anketalarning vijdonan to‘ldirilishini hamda ularning deyarli to‘liq qaytarilishini ta’minlaydi. Anketa to‘rtta bo‘limdan iborat bo‘lib, ular o‘zaro bog‘liq savollar tizimini tashkil etdi va tadqiq etilayotgan muammo bo‘yicha qarorlar ishlab chiqish uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlarni olish imkonini berdi. Unda 140 nafar ayol ixtiyoriy va anonim ravishda ishtirok etdi. Har bir javob varianti bo‘yicha mutlaq son va foiz ulushi hisoblandi. Bir nechta variantni belgilashga ruxsat etilgan savollarda foizlar yig‘indisi 100 foizdan oshishi mumkin.

Natijalar va ularning muhokamasi. O‘tkazilgan tadqiqotlarga ko‘ra, kiyim modellarining konstruktiv va kompozitsion yechimlariga shaxsning xarakteri, yoshi, yashash joyi, ijtimoiy mavqei, ma’lumoti, oiladagi farzandlar soni, psixologik tipi, tana tuzilishi, shuningdek, homiladorlik muddati kabi omillar sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur tadqiqot uchun zarur bo‘lgan shaxsiy xususiyatlar anketani ishlab chiqishda inobatga olindi [18].



1-rasm. Homiladorlik davrida qishki ustki kiyimlarda kuzatilgan asosiy kamchiliklar

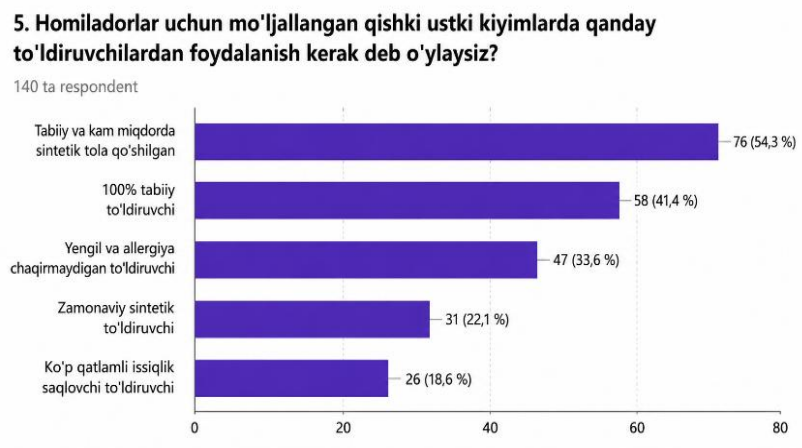
1-rasmda ko‘rsatilgan ko‘p javobli savol natijalariga ko‘ra, 68 nafar respondent (48,6%) qorin qismining yetarli yopilmasligi va old detalning qisqa bo‘lib qolishini asosiy muammo sifatida qayd etgan. 57 nafar respondent (40,7%) maxsus model topilmagani sababli katta o‘lchamdagi oddiy ustki kiyim sotib olishga majbur bo‘lgan. 49 nafar (35,0%) buyumdan faqat homiladorlik vaqtida foydalanish mumkinligini, 36 nafar (25,7%) harakatdagi noqulaylikni, 28 nafar (20,0 %) esa issiqlik himoyasi yetarli emasligini bildirgan. Bu natijalar faqat hajm qo‘shimchasini oshirish emas, balki old detal uzunligi, yelka balansi va qorin sohasidagi rostlanuvchi hajmni birgalikda loyihalash zarurligini ko‘rsatadi.



2-rasm. Qishki ustki kiyim uchun ustki material bo‘yicha respondentlar afzalligi

Ustki material bo‘yicha 54 nafar respondent (38,6%) “organik mato” variantini tanlagan, membranali matoni 38 nafar (27,1%), plashbop matoni 27 nafar (19,3%), junli matoni esa 21 nafar (15,0%) ma’qul ko‘rgan. So‘rovdagi “organik mato” atamasi respondentlarning tabiiy va ekologik xomashyoga bo‘lgan umumiy yo‘nalishini ifodalaydi; u sertifikatlangan organik tarkib yoki muayyan ekspluatatsion xossani avtomatik ravishda anglatmaydi. Qishki ustki kiyimda suv va shamoldan himoya tashqi qatlam orqali, teri bilan kontaktdagi qulaylik esa astar va oraliq

qatlamlar orqali ta’minlanishi sababli, turli funksiyalarni bitta materialga yuklamasdan ko‘p qatlamli paket shakllantirish maqsadga muvofiq.



3-rasm. Issiqlik saqlovchi qatlam tarkibiga qo‘yilgan talablar

3-rasmdagi ko‘p javobli savolda tabiiy tolaga kam miqdorda sintetik komponent qo‘shilgan to‘ldiruvchi 76 nafar respondent (54,3%) tomonidan tanlangan. 58 nafar (41,4%) 100% tabiiy to‘ldiruvchini, 47 nafar (33,6%) yengil va allergik ta’siri past bo‘lishi kutiladigan variantni, 31 nafar (22,1%) zamonaviy sintetik to‘ldiruvchini, 26 nafar (18,6%) esa ko‘p qatlamli paketni ma’qul ko‘rgan. Ushbu natija aralash tarkibli to‘ldiruvchi avtomatik ravishda eng yaxshi yoki eng xavfsiz ekanini isbotlamaydi; u iste’molchi kutayotgan tabiiylik, yengillik va shakl barqarorligi o‘rtasidagi muvozanatni aks ettiradi. Tavsiya etiladigan tarkib issiqlik qarshiligi, suv bug‘i qarshiligi, qalinlik, massa, siqilishdan keyingi tiklanish va yuvish barqarorligi bo‘yicha tajribada solishtirilishi kerak. Shunday qilib, iste’molchilarning afzalliklarini o‘rganish natijasida homilador ayollar uchun mo‘ljallangan kiyimlarga nisbatan iste’molchilarning ustuvor talablari aniqlandi, kiyim xarid qilishning ijtimoiy jihatlari tahlil qilindi hamda ushbu turdagi kiyimlarning asosiy kompozitsion va konstruktiv belgilari belgilab olindi. (2-jadval)

2-jadval

Iste’molchilarning ustuvor talablari

T/r	Aniqlangan ehtiyoj	Konstruktiv/material yechimi	Kutiladigan natija
1.	Qorin sohasining yopilmasligi	Old detalni anatomik uzaytirish; yon yoki markaziy olinadigan kengaytiruvchi panel	Homiladorlik bosqichlari bo‘yicha yopilish va hajm erkinligi
2.	Katta o‘lchamdagi oddiy kiyim xaridi	Maxsus bazaviy konstruksiya va homiladorlikka mos gradatsiya	Yelka, ko‘krak, yeng va bel zonalaridagi nomutanosiblikni kamaytirish
3.	Buyumdan qisqa muddat foydalanish	Panelni olib tashlash, belni qayta rostlash, 2-in-1 yoki 3-in-1 transformatsiya	Tug‘ruqdan keyin ham foydalanish va resursni uzaytirish
4.	Issiqlik va namlikdan himoya	Membranali yoki suv qaytaruvchi tashqi qatlam; tajribada tanlangan issiqlik saqlovchi paket	Sovuq, shamol va namlikka mos mikroiqlim
5.	Parvarish va shakl barqarorligi	Yuvishga chidamli qatlamlar, tikuv va to‘ldiruvchini mahkamlash	Takroriy parvarishdan keyin tashqi ko‘rinish va issiqlik xossalarini saqlash

2-jadval so‘rov natijalarini bevosita konstruktiv va sinov ko‘rsatkichlariga aylantiradi. Shunday yondashuv iste’molchi fikrini faqat tavsifiy xulosa sifatida qoldirmasdan, keyingi model namunasini ishlab chiqish uchun dastlabki ma’lumot sifatida xizmat qiladi.

Xulosa.

1. Homilador ayollar uchun mo‘ljallangan kiyim-kechak ishlab chiqarishning bugungi holati va iste’mol bozori tahlili natijalari mavjud kiyimlar hamda maxsus iste’mol buyumlari iste’molchilarning talab va ehtiyojlarini to‘liq qondirmasligi, shuningdek, ergonomik qulaylik va komfort talablariga yetarli darajada javob bermasligini ko‘rsatdi.
2. Homilador ayollarning kiyim assortimenti va uning sifatidan qoniqish darajasi tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida iste’molchilarning ustuvor talablari hamda mazkur toifadagi ayollar garderobini shakllantirishning o‘ziga xos xususiyatlari aniqlandi.
3. O‘tkazilgan so‘rovnoma natijalari homilador ayollar garderobining tarkibi va hajmi bir qator ijtimoiy-iqtisodiy hamda demografik omillar, xususan, daromad darajasi, yosh, milliy an’analar va yashash hududiga bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Garderobni shakllantirishda tayyor mahsulotlarini xarid qilish bilan bir qatorda, kiyimni yakka tartibda tikdirish, mavjud kiyimlarni homiladorlik davridagi antropometrik o‘zgarishlarga moslashtirish hamda ayrim hollarda vaqtincha foydalanish uchun kiyim olish amaliyoti ham uchraydi. Bu holat homilador ayollar uchun turli tana o‘zgarishlariga moslasha oladigan, uzoq muddat foydalanishga mo‘ljallangan va transformatsiyalanuvchi funksional kiyimlarni ishlab chiqish maqsadga muvofiq ekanligini asoslaydi.
4. Qishki ustki kiyimlarni loyihalash jarayoni uchun zarur bo‘lgan dastlabki ma’lumotlar bazasi shakllantirildi va bo‘lajak onalar uchun mo‘ljallangan kiyimlarning iste’mol darajasidagi sifat ko‘rsatkichlarini oshirish yo‘llari aniqlandi.

Reference

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Onalar va bolalar salomatligini muhofaza qilish, aholining reproduktiv salomatligini mustahkamlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–296-son qarori. 08.09.2023. Havola: Lex.uz – PQ–296-son qarori
2. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2024: Summary of Results. New York: United Nations; 2024. Havola: UN – World Population Prospects 2024: Summary of Results (PDF)
3. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Tug‘ilishning yig‘indi koeffitsiyenti (jami), 2010–2025. Yangilangan: 11.06.2026. Havola: Milliy statistika qo‘mitasi – SIAT ma’lumotlari
4. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. 3 oyda O‘zbekistonda 191 mingdan ortiq chaqaloq dunyoga keldi. 06.05.2026. Havola: Milliy statistika qo‘mitasi – 2026-yil tug‘ilish ma’lumotlari
5. Vakhidova U.A. Features of Designing Clothes for Pregnant Women, According to Changes in Anthropometric Parameters of the Figure. ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. 2022;12(9):114–117. DOI: 10.5958/2249-7137.2022.00779.0. Havola: Maqolaning to‘liq PDF varianti
6. Shamsaei A., Kazemi A., Enteshary-Najafabadi H., Khosropour Borujeni N. Essential Criteria for Designing Healthy Maternity Wear: A Narrative Review. Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research. 2022;27(6):492–495. DOI: 10.4103/ijnmr.ijnmr_143_22. Havola: PubMed Central – maqolaning to‘liq matni
7. Rashid H., Saeed A., Abiodullah M. Maternity Wear Preferences, Problems, and Expectations of Pregnant Women of Pakistan. Journal of Design and Textiles. 2024;3(2):44–62. DOI: 10.32350/jdt.32.03. Havola: Journal of Design and Textiles – rasmiy maqola sahifasi

8. Wu G., Liu S., Wu X., Ding X. Research on Lower Body Shape of Late Pregnant Women in Shanghai Area of China. International Journal of Industrial Ergonomics. 2015;46:69–75. DOI: 10.1016/j.ergon.2014.12.007.
Havola: DOI – maqola sahifasi
9. Sohn M., Bye E. Visual Analysis of Body Shape Changes During Pregnancy. International Journal of Fashion Design, Technology and Education. 2012;5(2):117–128. DOI: 10.1080/17543266.2011.649792.
Havola: Taylor & Francis – rasmiy maqola sahifasi
10. Sohn M., Bye E. Pregnancy and Body Image: Analysis of Clothing Functions of Maternity Wear. Clothing and Textiles Research Journal. 2015;33(1):64–78. DOI: 10.1177/0887302X14557809.
Havola: SAGE Journals – rasmiy maqola sahifasi
11. Ho S.S.M., Yu W.W.M., Lao T.T., Chow D.H.K., Chung J.W.Y., Li Y. Garment Needs of Pregnant Women Based on Content Analysis of In-depth Interviews. Journal of Clinical Nursing. 2009;18(17):2426–2435. DOI: 10.1111/j.1365-2702.2009.02786.x.
Havola: Wiley Online Library – rasmiy maqola sahifasi
12. Catena R.D., Connolly C.P., McGeorge K.M., Campbell N. A Comparison of Methods to Determine Center of Mass During Pregnancy. Journal of Biomechanics. 2018;71:217–224. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.02.004.
Havola: DOI – ScienceDirect maqola sahifasi
13. Xu Y., Li Y., Wang L., Yang J., Zhang H. Thermal Perception and Dressing Behaviors of Pregnant Women During Different Stages of Pregnancy: A Field Study at a Hospital in Xi'an, China. Journal of Thermal Biology. 2024;125:104002. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2024.104002.
Havola: DOI – ScienceDirect maqola sahifasi
14. Mamalila. Warm Babywearing and Maternity Coat Copenhagen: Product Description. Accessed 20.07.2026.
Havola: Mamalila – Copenhagen maternity coat
15. JoJo Maman Bébé. Black 2-in-1 Maternity Puffer Coat: Product Description. Accessed 20.07.2026.
Havola: JoJo Maman Bébé – Black 2-in-1 Maternity Puffer Coat
16. Aisycle. Maternity Baby Carrying Softshell Winter Jacket with Fleece Lining: Product Description. Accessed 20.07.2026.
Havola: Aisycle / Made-in-China – maternity winter jacket
17. I Love Mum. Kurtka zimnyaya 2-v-1 "Greyt" dlya beremennykh: opisanie izdelia. Accessed 20.07.2026.
Havola: I Love Mum – "Greyt" 2-in-1 maternity jacket
18. Sultana S., Tabraz M. A Critical Analysis of the Satisfaction Level of Maternity Wear for Bangladeshi Women. IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME). 2017;7(6), Version V:47–60. DOI: 10.9790/7388-0706054760.
Havola: IOSR – maqolaning to'liq PDF varianti

УДК 675.024.72/.036.7.004.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ДУБЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА КОЖИ СТРАУСА

Х.Х. Бегалиев, А.С. Кенжаев, И.Н. Исматуллаев, Ж.Ф. Улугмуратов, И.И.Гарибян, Т.Ж. Кодиров, Н.Б. Мирзаев

Tashkent Institute of Textile and Light Insdustry

Аннотация. *В последнее время многие исследования в кожевенном секторе сосредоточены на применении экологически чистых дубящих веществ с меньшим воздействием на окружающую среду. Настоящее исследование направлено на разработку экологически безопасного процесса органического дубления при обработке шкуры страуса, который потенциально может исключить использование хрома в процессе дубления. Возможное превращение ионов Cr^{3+} в Cr^{6+} в подходящей окислительной среде, в производстве кожи всегда представляет угрозу для экосистемы. Чистая вода является ценным ресурсом, в то время расход воды в кожевенном производстве является очень высоким, в связи с этим возникает необходимость уменьшить расход воды в жидкостных процессах обработки кожи. Кроме того, сокращение цикла обработки, за счет исключения некоторых производственных жидкостных процессов, можно будет сокращать объём производственных сточных вод. В связи с этим был разработан процесс дубления с использованием органических дубящих веществ без проведения процесса пикелевания, а также проведены исследования по сокращения цикла красильно-жировальных процессов. Дубленая кожа страуса "wet white», полученная в экспериментальных исследованиях, имеет температуру сваривания 86,2 ± 3,3 °С. При этом обеспечивается глубокое проникновение химических веществ в волокнистую структуру кожи туловища страуса в процессах обработки. Образцы кож, полученные в экспериментальных исследованиях, обладают лучшей физической прочностью и сопоставимыми органолептическими свойствами. Предложенный способ обработки обеспечивает экологическую безопасность окружающей среды.*

Ключевые слова: *страус, кожевая ткань, процесс, дубление, бесхромовое дубление, wet blue, wet white, краст, крашение, жирование, экзотическая кожа, свойства.*

Annotatsiya. *So'ngi vaqtlarda charm texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha olib borilayotgan ko'plab tadqiqotlar atrof-muhitga kamroq zararli ta'sir ko'rsatadigan va ekologik zararsiz moddalarni qollashga qaratilayapdi. Ushbu maqola tuyaqush terilariga ishlov berishda ekologik zararsiz oshlash jarayonini o'rganishga qaratilgan bo'lib, taklif qilinayotgan oshlash jarayonida xrom oshlovchi tuzlaridan foydalanilmagan. Ma'lum bir oksidlovchi muhitda Cr^{3+} ionlarining Cr^{6+} ionlariga aylanishinig yuz berishi, charm ishlab chiqarishda har doim atrof muxit va ekotizim uchun xavf tug'diradi. Shu bilan birga charm ishlab chiqarishda foydalaniladigan suv ham qimmatli resurs hisoblanishi va charm ishlab chiqarish korxonalarida suv sarfi juda yuqori bo'lishi, ishlab chiqarish jarayonlarida suv sarfini kamaytirishni talab qiladi. Ba'zi bir ishlab chiqarish jarayonlarini kamaytirish, ishlab chiqarish tsiklini qisqartirish sanoat oqava suvlari hajmini kamaytirishga va mehnat unumdorligini ko'paytirishga xizmat qiladi. Taklif qilinayotgan oshlash usulida pikellash jarayonisiz, organik oshlovchi moddalar yordamida oshlash jarayoni amalga oshirildi va bo'yash-yog'lash jarayonlari tsiklini qisqartirish bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi. Tajriba tadqiqotlarida olingan "wet white" tuyaqush oshlangan charmariining pishish harorati 86,2 ± 3,3 °C ni tashkil qildi. Ushbu ishlov berish jarayonida kimyoviy moddalarning tuyaqush teri to'qimasining tolali oqsillar strukturasiga chuqur kirib borganligi va ular bilan kimyoviy boglar hosil bolganligini isbotlaydi. Tadqiqotlarda olingan tuyaqush charmlarining fizik-mexanik va kimyoviy xossa ko'rsatkichlari poyabzal ustki va attorlik charmlari Davlat standartlari korsatkichlariga mos kelishi qayd etildi. Takomillashgan tuyaqush terilarini qayta ishlash texnologiyasi ekologik jihatidan zararsiz xisoblanadi.*

Kalit so‘zlar: *tuyaqush, teri toqimasi, jarayon, oshlash, xromsiz oshlash, wet blue, wet white, krast, bo'yash, yog'lash, ekzotik charm, xossalari.*

Abstract. *Recently, much research in the leather industry has focused on the use of environmentally friendly tanning agents with a lower environmental impact. This study aims to develop an environmentally friendly organic tanning process for ostrich skin processing, potentially eliminating the use of chromium in the tanning process. The potential conversion of Cr^{3+} ions to Cr^{6+} ions in a suitable oxidizing environment in leather production always poses a threat to the ecosystem. Clean water is a valuable resource, and water consumption in tanneries is very high, necessitating a reduction in water consumption in liquid processing. Furthermore, shortening the processing cycle by eliminating some liquid production processes will reduce the volume of industrial wastewater. In this regard, a tanning process was developed using organic tanning agents without the pickling process, and research was conducted to reduce the cycle of dyeing and greasing processes. The tanned "wet white" ostrich leather obtained in experimental studies has a shrinkage temperature of approximately 86,2 ± 3,3 °C. This ensures deep penetration of chemicals into the fibrous structure of the ostrich body skin during processing. The leather samples obtained in the experimental studies exhibit superior physical strength and comparable organoleptic properties. The proposed processing method ensures environmental friendliness.*

Keywords: *ostrich, leather fabric, process, tanning, chrome-free tanning, wet blue, wet white, crust, dyeing, fatliquoring, exotic leather, properties.*

Введение. Одним из приоритетных направлений развития кожевенной промышленности является создание ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий переработки кожевенного сырья, улучшение качества и расширение ассортимента кож за счёт применения новых видов кожевенного сырья и экологически безопасных химических материалов [1,2]. В кожевенном производстве процесс дубление является одним из важных процессов, в котором обеспечивается устойчивость кожевой ткани к гниению микроорганизмами. Исторически кожа производилась с использованием растительных дубящих веществ до применения хромовых дубящих веществ. В настоящее время при обработке около 90% кожевенного сырья используются хромовые дубящие вещества из-за их универсальных преимуществ. Однако поглощение хрома в процессе дубления составляет всего около 60-70%, а оставшиеся 30-40% нефиксированного хрома выбрасываются в виде сточных вод. С другой стороны, кожевенное производство связано с большим расходом воды, и на переработку 1 тонны сырых шкур расходуется 35-40 $м^3$ воды. Использование поваренной соли и дубящих соединений хрома в традиционном хромовом дублении на основе пикелевания приводит к образованию огромного количества загрязняющих веществ в производственных сточных водах. Согласно мировой статистике, ежегодно образуется 27,5 млрд литров хромовых стоков образуются при загрузке 24 кг тонны дубящих соединений хрома, 340 кг тонн хлорида натрия и 270 кг тонн серной и органических кислот [3-5].

Теоретические исследования. В исследованиях по сокращению количества сброса хромсодержащих производственных сточных вод были применены вспомогательные вещества с целью увеличения использования хромовых дубящих веществ в рабочих дубильных растворах, предложены комбинированное дубление, нанотехнологии процесса дубления, эффективное управление и повторное использование хромсодержащих стоков. Тем не менее, вышеупомянутые способы дубления не могли удалить дубящие соединения хрома из сточных вод. Кроме того, соединения хрома, выделяющиеся во время процесса додубливания и механических процессов, также повышают количество хромсодержащих сточных вод и твердых отходов [6-9].

Кроме того, в подходящих условиях Cr^{3+} в твердых и жидких отходах может иметь возможность превращения в Cr^{6+} в присутствии определенных окислителей.

Потенциальные опасности, связанные со здоровьем человека, почвой и водной средой, очень благоприятны для этого шестивалентного состояния иона хрома. Экологические опасения в отношении кожевенной промышленности росли в течение последних двух десятилетий. Высокая плотность промышленного и человеческого населения, а также использование старых технологий приводят к повышению уровня загрязняющих веществ в атмосфере. Эта ситуация подчеркнула необходимость применения более экологически чистых технологий. Защита окружающей среды стала глобальной проблемой во всем мире. Чтобы избежать этого противоречия в отношении загрязнения с соединениями хрома, было проведено множество исследований [10-14].

Экспериментальные исследования. В экспериментальных исследованиях были обработаны 20 комплектов шкур страуса. Каждый комплект состоял из туловища и двух голеней страуса. Возраст птиц при забое составлял 12-14 месяцев. Шкуры страуса поступили на экспериментальную обработку в состоянии мокросоленого способа консервирования, средняя масса комплекта части шкур составляла 4-6 кг, а площадь 140-160 дм^2. Съем и первичная обработка шкур были проведены на совместной англо-узбекской фирме «Straus farm» [15]. Экспериментальные исследования были проведены в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности на кафедре «Инженерия кожи и обуви», в частном предприятии «Табиий чарм» и в совместном предприятии ООО « Ozbek – Turk Test Markazi». С целью совершенствования технологии кожи страуса были проведены исследования по процессу дубления. Как выше было изложено, процесс дубления является важным процессом в технологии производства кожи. В традиционной технологии обработки шкуры страуса процесс дубления осуществляется с применением хромовых дубящих солей [16,17]. В отличие от традиционных технологий, с целью снижения отрицательного влияния на окружающую среду и объема производственных сточных вод, а также совершенствования технологии переработки кожевенного сырья страуса, были проведены исследования по бесхромовому дублению при обработке шкуры страуса. Принимая во внимание все выше изложенные проблемы и поиск альтернативного способа дубления, следует задуматься о бесхромовом дублении без проведения процесса пикелевания. Это может быть решением для обеспечения экологически безопасного кожевенного производства и которое позволяет уменьшить объёмы промышленных сточных вод и сократить расход воды для промышленных нужд [18,19]. С целью совершенствования технологии обработки шкуры страуса были проведены исследования по бесхромовому дублению с применением органических дубящих веществ X-Tan и Tanigan MBO Liq компании TFL [20]. В результате проведения экспериментальных исследований были получены образцы кожи «краст» страуса бесхромового дубления. Предложенный способ бесхромового дубления не является самоцелью, поскольку важно оценить, как способ дубления влияет на другие процессы и на свойства получаемой кожи страуса. Непикелеванное голье шкуры страуса ведёт себя при бесхромовом дублении иначе. В предложенном способе бесхромового дубления продолжительность процесса составила не большую продолжительность около 15 часов [18,19]. Установление в конце процесса дубления определенной кислотности рабочего раствора приводило к ускорению процесса бесхромового дубления и равномерной диффузии органических дубящих веществ по всей площади и толщине голья шкуры страуса.

Анализ результатов. На основании проведенных испытаний в процессе бесхромового дубления была установлена оптимальная концентрация органических дубящих веществ X-Tan и Tanigan MBO Liq, значение которых составляет 5,0-5,5% и 3,0-3,5% от веса голья шкуры, соответственно. В экспериментальных исследованиях в контрольном и опытном вариантах были получены образцы дубленых кож страуса "wet blue" и “wet white”, соответственно. Органолептический контроль показал, что образцы “wet white” имели ярко белый цвет, а образцы "wet blue" светло синий цвет. Предложенный способ бесхромового дубления позволяет эффективно обработать голье шкуры страуса в дубильном процессе. С целью сравнения физико-химических свойств образцов дубленых

кож страуса "wet white" и "wet blue" были определены показатели гидротермической устойчивости и pH в кожевой ткани. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства кожи страуса ”wet white”

Варианты обработки	**Показатели**	
	Гидротермическая устойчивость, °С	**pH**
Контрольный	94,5 ± 2,2	4,0±0,2
Опытный	86,2 ± 3,3	4,1±0,2

Полученные результаты были обработаны методом математической статистики. Показатели гидротермической устойчивости образцов дублёной кожи хромового и бесхромового дубления, в опытном варианте на 8,3±2,8 ^{0}C ниже, чем в контрольном образце. Показатели pH образцов контрольных и опытных вариантов были близки по своему значению, и составили 4,1±0,2 и 4,0±0,2, соответственно. Далее, с целью получения кожи страуса "краст", в экспериментальных исследованиях были проведены красильно-жировальные процессы на основе полученных образцов кож страуса хромового и бесхромового дубления, “wet blue” и "wet white", в контрольном и опытном вариантах. Технология красильно-жировальных процессов контрольного варианта была подобна технологии красильно-жировальных процессов кожи для верха из выростка [21]. На основе проведенных экспериментальных исследований была разработана технологическая схема последовательности красильно-жировальных процессов кожи страуса бесхромового дубления, которая представлена на рис.



а) контрольный вариант б) опытный вариант

Рис. Последовательность красильно-жировальных процессов кожи страуса хромового (а) и бесхромового дубления (б).

В технологии красильно-жировальных процессов были использованы химические материалы Российской компании Шебекинская Индустриальная Химия (ШИХ), которые отвечают требованиям Европейского Химического Агентства (European chemicals agency) (ECHA) и европейского регламента REACH и являются экологически безопасными химическим материалами [22,23]. Предложенный способ бесхромового дубления позволил сократить продолжительность обработки и расходы химических материалов в процессе обработки. В результате проведения экспериментальных исследований по красильно-жировальным процессам были получены образцы кож “краст” туловища страуса. Показатели физико-химических свойств образцов кожи страуса контрольного и опытного вариантов представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Физико-химические свойства образцов “краст” кожи страуса

№	Показатели	Образцы кож страуса		Кожа для верха обуви ГОСТ 939-2021 (Выросток)	Галантерейная кожа ГОСТ 15091-1980 (Козлина)
		Опытный вариант	Контрольный вариант		
1	Площадь кожи, дм^2	125-130	125-130	120-160	65-75
2	Толщина кож, мм	1,1	1,2	0,7-1,2	0,7-1,0
3	Содержание влаги , %	12,8	11,3	10-16	10-16
4	Массовая доля хрома (III) (в пересчете на Cr_2O_3), % - для кож хромового дубления - для кож бесхромового дубления	-	3,8	не менее 3,5 не более 0,2	не менее 3,5 не более 0,2
5	Содержание экстрагируемых веществ, %	8,0	5,0	4,0-12,0	3,5-10
6	Содержание золы, %	-	7,9	-	-
7	Предел прочности при растяжении, МПа, не меньше	2,0	2,1	1,3	1,0
8	Удлинение при напряжении 10 МПа, %	38,6	31,3	25-55	15-35

По результатам физико-химического метода анализа образцов кожи “краст” было отмечено, что физико-химические свойства опытных образцов не уступают показателям контрольных образцов и нормативным показателям кожи для из выростка и галантерейной кожи из козлины [24,25]. Дубленая кожа с применением экологически безопасного способа дубления по физико-химическим свойствам является сопоставимым с кожей хромового дубления и даже превосходит по некоторым свойствам. Дублёная кожа «Wet white», полученная в процессе дубления, и кожа “краст”, полученная в красильно-жировальном процессе с применением X-Tan и Tanigan MBO Liq, имеют белый цвет, что является основой при получении кож ярких тонов. Органические дубящие вещества X-Tan и Tanigan MBO Liq не содержат металлов, что позволяет окрасить кожу равномерно в широком спектре. Полученные образцы кожи “краст”, опытного варианта обработки можно будет направить на последующие процессе отделки. Кожи страуса после прохождения процесса свободной конвективной сушки, операции откатки и сушки в растяжку можно направлять на отделочные процессы. В отделочных процессах кожи страуса можно применять различные современные способы отделки такие, как полуанилиновая, анилиновая, флорантик, антик и другие способы отделки.

Выводы. Применение органических дубящих веществ в процессе бесхромового дубления позволяет провести эффективное воздействие на волокнистые белки коллагена кожевой ткани страуса, которое, в свою очередь, изменит свойства кожевой ткани в ходе дальнейших технологических процессов. Соответственно, целью представленного исследования определено воздействие органических дубящих веществ на физико-химические и органолептические свойства кожи страуса. Предлагаемый способ обработки является сопоставимым и даже по некоторым показателям превосходит обычный способ обработки шкуры страуса. Глубокое и равномерное проникновение и образование прочных

химических связей между органическим дубящими веществами и волокнистыми белками кожевой ткани голья шкуры позволяет получить кожу с улучшенными физико-механическими и органолептическими свойствами по сравнению с образцами кож, полученными традиционным способом обработки с проведением процесса хромового дубления. Усовершенствованная технология позволяет сократить цикл красильно-жировальных процессов, снизить расход химических материалов, сократить объём образующихся вредных производственных сточных вод, получить кожи "краст" страуса с улучшенными физико-химическими и механическими свойствами. В то же время, усовершенствованная технология способствует расширению ассортимента экзотической кожи страуса и имеет большое значение в создании научно обоснованной конкурентоспособной технологии получения кожи страуса.

Reference

1. Kanagaraj J., Senthilvelan T., Panda R., Kavitha S. Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review, J. Clean. Prod. 89 (2015) 1-17.
2. Sundar V.J., Muralidharan C. An environmentally friendly mineral-free tanning of animal skins-sustainable approach with plant resources, Environ. Process. 7 (2020) 255-270.
3. Straxov I.P. Ximiya i texnologiya koji i mexa: Uchebnik / I.P.Straxov, I.S.Shestakova, D.A.Kusidi i dr. – M.:Legprombitizdat, 1985, - 486 s.
4. Ostrovskaya, A.V. Ximiya i texnologiya koji i mexa: teoreticheskiye osnovi: uchebnoye posobiye dlya vuzov / A.V.Ostrovskaya, G.G.Lutfullina, I.SH. Abdullin. - 2-ye izd., pererab. i dop. - Moskva: Izdatelstvo Yurayt, 2022. – 162 s.
5. Rao J.R., Chandrababu N., Muralidharan C., Nair B.U., Rao P., Ramasami T. Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing, J. Clean. Prod. 11 (2003) 591-599 .
6. Dixit, S., Yadav, A., Dwivedi, P.D., Das, M. (2015), "Toxic Hazards of Leather Industry and Technologies to Combat Threat: A Review", Journal of Cleaner Production, 87, 39-49, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.017.
7. Rosu L, Varganici C.D., Crudu A.M., Rosu D., Bele A. (2018) Ecofriendly wet–white leather vs. conventional tanned wet–blue leather. A photochemical approach. J. Clean Prod. 177:708–720.
8. Jia L., Ma J., Gao D., Tait W.R., Sun L., A star-shaped POSS-containing polymer for cleaner leather processing, J. Hazard. Mater. 361 (2019) 305-311.
9. Ma J., Lv X., Gao D., Li Y., Lv B., Zhang J. Nanocomposite-based green tanning process of suede leather to enhance chromium uptake, J. Clean. Prod. 72 (2014) 120-126.
10. Hedberg Y.S., Liden C., Wallinder I.O. Correlation between bulk-and surface chemistry of Cr-tanned leather and the release of Cr (III) and Cr (VI), J. Hazard. Mater. 280 (2014) 654-661.
11. Rao, J.R., Kanthimathi, M., Thanikaivelan, P., Sreram, K.J., Ramesh, R., Ramalingam, S., Chandrababu, N.K., Nair, B.U., Ramasami, T., 2004. Pickle-free chrome tanning using apolymeric synthetic tanning agent for cleaner leather processing. Clean. Technol. Environ. Policy 6, 243—249.
12. Rao, J.R., Chandrababu, N.K., Muralidharan, C., Nair, B.U., Rao, P.G., Ramasami, T., 2003. Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing. J. Clean. Prod. 11, 591—599.
13. Colak, S., Zengin, G., Ozgunay, H., Sari, O., Sarikahya, H., Yuceer, L., 2005. Utilisation of leather industry: prefleshings in biodiesel production. J. Am. Leather Chem. Assoc. 100, 137—141.
14. Sisoyev, V.A. Perspektivi razvitiya xromsberegayushix texnologiy pri videlke koji i mexa / V.A.Sisoyev, YE.A.Pankova, A.I.Salimova, I.SH.Abdullin // - kojevenno-obuvnaya promishlen-nost. – 2004. - №1. - S.48-50.

15.Offitsialniy kanal «Straus Farm» @strausfarm, @straustuyaqush, www.facebook.com/strausfarm, www.straus.uz/ru.
16. Afşar, A., Gülümser, G., Özgünay, H. ve Akyüz, F. (2002). Devekuşu derilerinin işlentisi ve mamul deri özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma// Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deri Mühendisliği Dergisi, 39 (3): 137–144.
17. Bitlisli B.O. Devekuşu Ham ve Mamul Derilerilerinin Bazı Teknolojik Parametreleri Üzerine Araştırmalar// B.Başaran, Ö.Sari, A.Aslan, G.Zengin. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2003, 40 (3):137-144. ISSN 1018-8851.
18. Begaliyev X.X., Kodirov T.J., Ulugmuratov J.F., Ismatullayev I.N., Garibyan I.I., Xamitov A.A., Akiyuz F. Issledovaniye protsessa bezxromovogo dubleniya pri obrabotke kojevennogo sirya strausa. Mejdunarodniy nauchniy jurnal «Universum: texnicheskiye nauki» 11(140),s.23-28. DOI:10.32743/UniTech.2025.140.11.https://7universum.com/ru/tech/archive/item/21379.
19. Begaliyev X., Kodirov T., Garibyan I., Ulugmuratov J., Ismatullayev I., Xamitov A., Tursunkulov O., Akiyuz F. Usovershenstvovaniye protsessa dubleniya pri obrabotke kojevennogo sirya strausa. TECHSCIENCE.UZ, TEXNIKA FANLARINING DOLZARB MASALALARI, № 12 (3)-2025 s. 151-161.
DOI: https://doi.org/10.47390/ts-v3i12y2025N17 .
20. Kompaniya TFL /: Elektronniy resurs. – Rejim dostupa: http://www.tfl.com. Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.
21. Tixonova V.P. Spetsglavi texnologii koji. V.P. Tixonova, G.P. Raxmatullina / Uchebnoye posobiye, Kazan, KGTU, 2010. - 133 s.
22. OOO «Shebekinskaya Industrialnaya Ximiya» / Elektronniy resurs. –M. 2026. – Rejim dostupa:. http://www.shebkoghim.ru. Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.
23. European chemicals agency (ECHA) http s:// echa. europe. eu/. http //www.cirs-reach. com/ news-and-articles/ REACH-Registration. html.
24. GOST 939-2021. Koja dlya verxa obuvi iz virostka.
25. GOST 15091-1980. Galantereynaya koja iz kozlini.

UO‘K 677.076.4:677.017

QO‘Y VA TUYA JUNI ASOSIDA IGNA SANCHISH VA KIMYOVIY USUL BILAN NOTO‘QIMA MATERIAL OLISH

D.O. Abdusamatova, D.B. Sadikova, S.Sh.Alimxanova, A.S. Rafikov, N.B. Mirzayev
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Tadqiqotda qo‘y va tuya juni asosida turli qatlamlar soni hamda biriktirish texnologiyalaridan foydalanib tayyorlangan noto‘qima materiallarning morfologik, strukturaviy va fizik xususiyatlari o‘rganildi. Materiallarning morfologik tuzilishi elektron mikroskopda, fizik xususiyatlari esa yuza zichligi, qalinligi, havo o‘tkazuvchanligi va suvga chidamliligi ko‘rsatkichlari asosida baholandi. Qatlamlar sonining 2 tadan 4 tagacha oshirilishi tuya juni asosidagi materialda yuza zichligining 74,8 %, qalinlikning 52 % va suvga chidamlilikning 100 % ga ortishiga, havo o‘tkazuvchanligining esa 46,4 % ga kamayishiga olib keldi. Qo‘y juni asosidagi materialda mazkur ko‘rsatkichlar mos ravishda 36,8; 42,2 va 45,5 % ga oshib, havo o‘tkazuvchanligi 49,8 % ga kamaydi. Mikroskopda olingan tasvirlar tahlili qatlamlar sonining ortishi bilan tolalarning zichroq joylashishi, o‘zaro ilashishi va tolalararo bo‘shliqlarning qisqarishini ko‘rsatdi. Akril emulsiya bilan biriktirilgan materialda tolalar orasida polimer bog‘lovchi faza shakllanib, ularning o‘zaro birikishini kuchaytirdi. Olingan natijalar qatlamlar soni va biriktirish texnologiyasini boshqarish orqali jun asosidagi noto‘qima materiallarning strukturaviy hamda funksional xususiyatlarini maqsadli ravishda shakllantirish imkoniyatini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari materiallarning zichligi va suvga chidamliligini oshirish bilan*

birga, havo o‘tkazuvchanligini boshqarish imkonini berib, ularni issiqlikni saqlovchi, himoyalovchi va funksional tekstil materiallar sifatida qo‘llash uchun ilmiy asos yaratadi. DTA va TGA termik tahlil natijalari qo‘y va tuya junidan olingan materiallarning termik barqarorligi hamda parchalanish jarayonlari ularning tarkibi va tuzilishiga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *qo‘y juni, noto‘qima mato, tuya juni, igna sanchish, akril emulsiya, yelimlash*

Аннотация. *В исследовании изучены морфологические, структурные и физические свойства нетканых материалов, изготовленных на основе овечьей и верблюжьей шерсти с использованием различного количества слоёв и технологий их скрепления. Морфологическая структура материалов исследована методом электронной микроскопии, а их физические свойства оценены по показателям поверхностной плотности, толщины, воздухопроницаемости и водостойкости. Увеличение количества слоёв с 2 до 4 в материале на основе верблюжьей шерсти привело к увеличению поверхностной плотности на 74,8 %, толщины — на 52 % и водостойкости — на 100 %, при одновременном снижении воздухопроницаемости на 46,4 %. Для материала на основе овечьей шерсти соответствующие показатели увеличились на 36,8; 42,2 и 45,5 %, тогда как воздухопроницаемость снизилась на 49,8 %. Анализ микроскопических изображений показал, что с увеличением количества слоёв происходит более плотное расположение волокон, усиление их взаимного сцепления и уменьшение межволоконных пустот. В материалах, скреплённых акриловой эмульсией, между волокнами формируется полимерная связующая фаза, способствующая усилению их взаимного соединения. Полученные результаты свидетельствуют о возможности целенаправленного формирования структурных и функциональных свойств нетканых материалов на основе шерсти посредством регулирования количества слоёв и технологии их скрепления. Результаты исследования создают научную основу для регулирования воздухопроницаемости при одновременном повышении плотности и водостойкости материалов, что позволяет рассматривать их в качестве теплоизоляционных, защитных и функциональных текстильных материалов. Результаты термического анализа методами ДТА и ТГА показали, что термическая стабильность и процессы термического разложения материалов на основе овечьей и верблюжьей шерсти зависят от их состава и структурных особенностей.*

Ключевые слова: *овечья шерсть, нетканый материал, верблюжья шерсть, иглопробивание, акриловая эмульсия, склеивание*

Abstract. *The study investigated the morphological, structural, and physical properties of nonwoven materials produced from sheep and camel wool using different numbers of layers and bonding technologies. The morphological structure of the materials was examined by electron microscopy, while their physical properties were evaluated based on surface density, thickness, air permeability, and water resistance. Increasing the number of layers from two to four in the camel-wool-based material resulted in increases of 74.8% in surface density, 52% in thickness, and 100% in water resistance, accompanied by a 46.4% decrease in air permeability. For the sheep-wool-based material, the corresponding parameters increased by 36.8%, 42.2%, and 45.5%, respectively, while air permeability decreased by 49.8%. Analysis of the microscopic images demonstrated that an increase in the number of layers resulted in denser fiber arrangement, enhanced inter-fiber entanglement, and a reduction in the inter-fiber voids. In materials bonded with an acrylic emulsion, a polymeric binder phase was formed between the fibers, enhancing their interconnection and structural integrity. The obtained results demonstrate the possibility of targeted regulation of the structural and functional properties of wool-based nonwoven materials by controlling the number of layers and bonding technology. The findings provide a scientific basis for increasing material density and water resistance while controlling air permeability, thereby supporting their potential application as thermal-insulating, protective, and functional textile materials. The results of differential thermal analysis (DTA) and*

thermogravimetric analysis (TGA) showed that the thermal stability and thermal degradation processes of the materials based on sheep and camel wool depend on their composition and structural characteristics.

Keywords: sheep wool, nonwoven material, camel wool, needle punching, acrylic emulsion, bonding

Kirish. Bugungi kunda to‘qimachilik sanoatida tabiiy tolali xomashyolardan samarali foydalanish, mahalliy resurslarni chuqur qayta ishlash hamda ekologik jihatdan xavfsiz va funksional materiallar yaratish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, tabiiy hayvon tolalarini qayta ishlash asosida turli maqsadlarga mo‘ljallangan noto‘qima materiallar ishlab chiqarish ularning qayta tiklanadigan xomashyo sifatidagi imkoniyatlaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Qo‘y juni tabiiy keratin tolasi bo‘lib, uning yuqori issiqlik saqlash qobiliyati, namlikni yutish va chiqarish xususiyati, elastikligi hamda tovush va issiqlik izolyatsiyasi kabi xossalari uni noto‘qima materiallar ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo sifatida tavsiflaydi. Shu bilan birga, tuya juni o‘zining tolalarining nozikligi, yengilligi, issiqlikni yaxshi saqlashi va o‘ziga xos fizik-mexanik xususiyatlari bilan boshqa hayvon tolalaridan ajralib turadi. Mazkur tolalarning tabiiy xususiyatlarini saqlagan holda ulardan yangi turdagi materiallar olish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Nazariy tadqiqotlar. Noto‘qima materiallar olishning mexanik usullari orasida igna sanchish usuli texnologik jihatdan sodda va samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usulda tolalar maxsus ignalar yordamida mexanik ravishda chalkashtirilib, o‘zaro ilashishi natijasida yaxlit tolali qatlam hosil qilinadi. Bundan tashqari, tabiiy jun tolalarini kimyoviy usulda modifikatsiyalash orqali ularning sirt va fizik-kimyoviy xususiyatlarini boshqarish hamda olinadigan noto‘qima materiallarning funksional xossalarini yaxshilash mumkin. Mahalliy qo‘y va tuya junidan igna sanchish hamda kimyoviy usullarni qo‘llagan holda noto‘qima materiallar olish, ularning tarkibi va texnologik parametrlarining material xususiyatlariga ta’sirini aniqlash, fizik-mexanik, gigiyenik va funksional ko‘rsatkichlarini tadqiq etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Tadqiqotlarda qo‘y juni, tuya juni hamda paxta chiqindilaridan kiyim-kechak va poyabzal detallari uchun ko‘p qatlamli noto‘qima kompozit materiallar ishlab chiqilgan. Materiallarning asosiy qatlamini dag‘al qo‘y yoki tuya juni tashkil etib, qatlamlar polimer yopishtiruvchi yordamida termik presslash orqali biriktirilgan. Natijalar qo‘y va tuya junining dag‘al tolalari issiqlikni saqlovchi, havo va bug‘ o‘tkazuvchan xususiyatlarga ega ko‘p qatlamli noto‘qima materiallar olish uchun istiqbolli xomashyo ekanligini ko‘rsatgan [1]. Ko‘p qatlamli materiallarda jun tolalarini polimer yordamida biriktirish bilan bir qatorda, ularni mexanik usulda, ya’ni igna sanchish orqali biriktirish imkoniyati ham tadqiq etilgan. 100% dag‘al qo‘y junidan igna sanchish usulida issiqlik izolyatsiyalovchi noto‘qima material olish texnologiyasining xususiyatlari o‘rganilgan. Materialning yakuniy xossalari tolalarning tabiati, ularning noto‘qima qatlamdagi joylashishi va tolalar qatlamining zichlanish darajasiga bog‘liqligi aniqlangan [2]. Igna sanchish jarayonining o‘zi bilan bir qatorda, uning texnologik parametrlarini optimallashtirish ham tayyor materialning ekspluatatsion xususiyatlarini belgilaydi. Qozog‘iston qo‘y zotlarining dag‘al va yarim dag‘al junidan igna sanchish usulida tayyorlangan noto‘qima materiallarning issiqlikni saqlash xususiyatlariga qatlamlar soni, igna sanchish chastotasi va dag‘al hamda yarim dag‘al jun tolalarining nisbati ta’siri o‘rganilgan [3]. Jun tolasini kimyoviy va fermentativ modifikatsiyalashga qaratilgan tadqiqotlarda dastlab natriy karbonat va kationli sirt-faol modda–setiltrimetilammoniy bromid eritmasida ishlov berish, keyinchalik esa keratin makromolekulalarini transglutaminaza fermenti yordamida o‘zaro bog‘lash jarayonlari o‘rganilgan. Ishlov berish natijasida jun tolasining sirt xususiyatlari o‘zgarib, gidrofillikning ortishi kontakt burchagi o‘lchovlari orqali tasdiqlangan [4]. Jun tolasining sirt xususiyatlarini boshqarish bo‘yicha mazkur yondashuvlar keyingi tadqiqotlarda rivojlantirilib, reaktiv noionogen yumshatgich yordamida jun matosiga bir bosqichli ko‘p funksiyali pardoz berish jarayoni o‘rganilgan. Ishlov berish konsentratsiyasi, quritish va termik qotirish sharoitlarining sirt silliqligi, namlanish va kigizlanishga chidamlilikka ta’siri aniqlangan [5]. Bu yo‘nalishda fizik-kimyoviy va

biologik usullarni kombinatsiyalash ham samarali natija berishi mumkin. Jun tolalariga plazma, glutaminaza va proteaza bilan alohida hamda kombinatsiyalangan ishlov berilib, sirt morfologiyasi, FTIR-spektral xususiyatlar, rang va mexanik ko‘rsatkichlari tadqiq etilgan. Kombinatsiyalangan ishlov jun tolasining sirt tuzilishi va funksional xususiyatlarini maqsadli o‘zgartirish imkonini bergan [6]. Jun tolasining sirt tuzilishi va kimyoviy tarkibini boshqarish masalalari bo‘yicha olib borilgan sharh tadqiqotlarida jun kutikulasini modifikatsiyalash usullari oksidlanish, plazma, ultrabinafsha nurlanish, fermentativ ishlov va emulsiya bilan qoplash kabi asosiy yo‘nalishlarga ajratilgan [7].

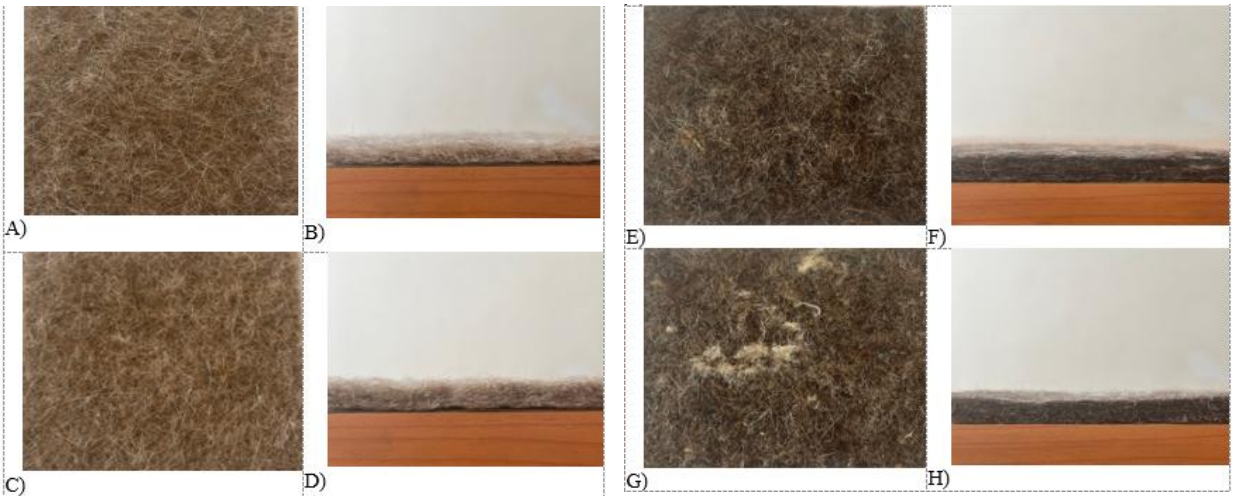
Jun tarkibidagi keratinning kimyoviy faolligidan foydalanishning yana bir muhim yo‘nalishi–jun chiqindisidan keratin gidrolizatini olib, boshqa to‘qimachilik materiallarini modifikatsiyalash hisoblanadi. Chiqindi jundan ishqoriy gidroliz yordamida keratin gidrolizati olinib, undan paxta matosini modifikatsiyalashda foydalanilgan [8]. Jun materiallarini funksionallashtirishda nano-texnologik yondashuvlar ham kengayib bormoqda. Keratinolitik proteazalar yordamida jun matosiga dastlabki ishlov berilib, keyinchalik ZnO va ZrO_2 nanozarrachalari, askorbin kislotasi hamda vanillin bilan funksionallashtirish amalga oshirilgan. Natijada jun matosiga antibakterial va ultrabinafsha nurlanishdan himoyalovchi xususiyatlar berilgan hamda modifikatsiyaning yuvishga chidamliligi baholangan [9]. Boshqa tadqiqotlarda jun tolasining o‘zidan ZnO nanozarrachalarini qaytaruvchi agent sifatida foydalanilgan. Olingan modifikatsiyaning strukturasi va yuvishga chidamliligi o‘rganilib, jun tolasining funksional nano-modifikatsiya jarayonida faol komponent sifatida ishtirok etishi ko‘rsatilgan [10]. Jun tolalarini sellyulozali tolalar bilan birlashtirish orqali ham ko‘p funksiyali materiallar olish mumkin. Sellyuloza/jun aralashmalari TiO_2 va Ag nanozarrachalari yordamida modifikatsiyalanib, materiallarda antibakterial va ultrabinafsha nurlanishdan himoyalovchi xususiyatlar shakllantirilgan [11]. Tabiiy tolalarni funksionallashtirishning yana bir istiqbolli yo‘nalishi ularni boshqa tolalar bilan kombinatsiyalash va igna sanchish orqali kompozitsion noto‘qima struktura hosil qilish bilan bog‘liq. Poplar tolalarini ichi bo‘sh poliefir tolalari bilan aralashtirib, igna sanchish usulida noto‘qima materiallar olingan. Tabiiy tolalarni noto‘qima strukturasiga kiritish materialning funksional xususiyatlarini boshqarish imkonini bergan [12]. Mazkur yondashuv jun tolalariga ham tatbiq etilib, paxta chiqindilari va tabiiy jundan igna sanchish usulida noto‘qima asos hosil qilingan hamda u alginat/xitozan gidrogel bilan modifikatsiyalangan. Olingan materialning namlik va havo almashinuvi, biologik parchalanishi hamda antibakterial xususiyatlari o‘rganilgan [13]. Natijalar igna sanchish orqali shakllangan tolali asosni keyingi polimer-gidrogel modifikatsiyasi bilan birlashtirish funksional noto‘qima materiallar yaratish imkonini berishini ko‘rsatgan. Yuqoridagi tadqiqotlar bilan bir qatorda, jun chiqindilaridan keratinni qayta tiklash va undan yangi materiallar olish masalasi ham jadal rivojlanmoqda. Chiqindi jun keratinini qaytaruvchi erituvchi tizimlar yordamida regeneratsiya qilish va keyinchalik ho‘l yigirish orqali yangi oqsil tolalari olish imkoniyatlari tahlil qilingan. Kimyoviy qayta ishlash mexanik qayta ishlashga qo‘shimcha yo‘nalish sifatida ko‘rib chiqilib, regeneratsiyalangan keratinning mexanik barqarorligini oshirish uchun qo‘shimcha modifikatsiya yoki boshqa tolalar bilan aralashtirish zarurligi ko‘rsatilgan [14]. Keratinni qayta tiklashning ekologik yondashuvlarida sut kislotasi va L-sistein asosidagi erituvchi tizim yordamida chiqindi jundan keratin ajratib olish jarayoni o‘rganilgan. Mazkur yondashuv an’anaviy ishqoriy reagentlardan foydalanishni kamaytiruvchi muqobil erituvchi tizim sifatida taklif etilgan [15]. Ushbu yo‘nalish xolin xlorid va sut kislotasi asosidagi tabiiy chuqur evtektik erituvchi yordamida ham rivojlantirilgan. Tadqiqotda harorat, vaqt va jun/erituvchi nisbati kabi omillarning jun erishi va keratin chiqimiga ta’siri o‘rganilgan [16]. Shuningdek, limon kislotasi va L-sistein asosidagi qaytaruvchi tabiiy chuqur evtektik erituvchi yordamida jun keratinini ajratib olish jarayoni tadqiq etilgan. Molekulyar modellashtirish va eksperimental natijalar asosida erituvchining tarkibi, junni eritish sharoitlari va qayta tiklangan keratinning strukturaviy xususiyatlari aniqlangan [17]. Kimyoviy erituvchilardan tashqari, jun chiqindilarini biologik usulda qayta ishlash imkoniyatlari

ham o‘rganilmoqda. Mikroorganizmlar yordamida junni parchalash va keratin ajratib olish jarayonida jun sirtidagi lipidlar va kutikula qatlamining parchalanishi hamda ajratib olingan keratinning strukturaviy xususiyatlari tadqiq etilgan [18]. Ushbu maqola tadqiqotining maqsadi – qo‘y va tuya junidan igna sanchish hamda kimyoviy yelimlash usullari asosida noto‘qima materiallar olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tajribaviy izlanishlar. Noto‘qima material 2 xil usulda olindi:

1-usulda tolalar maxsus ignalar yordamida mexanik ravishda chalkashtirilib, o‘zaro ilashishi natijasida yaxlit tolali qatlam hosil qilindi va yuqori haroratda presslandi.

2-usulda tabiiy jun tolalarini kimyoviy usulda tolali qatlamga biriktirish uchun 40 %-li akril emulsiyasini 2 marta suyultirish orqali 20 %-li emulsiya tayyorlanib, pulvizator yordamida junga sepildi. Xona haroratida quritishga qoldirildi. Quriganidan so‘ng yuqori haroratda presslandi. Natijada 1-rasmda tasvirlangan noto‘qima materiallar hosil bo‘ldi.



1-rasm. Qo‘y va tuya juni asosida olingan noto‘qima materiallarning: A, B–tuya juni, 2 qatlam, igna sanchish usuli; C, D– tuya juni, 4 qatlam, igna sanchish usuli; E, F– qo‘y juni, 2 qatlam, akril emulsiyasi bilan qatlamlarni yelimlash usuli; G, H–qo‘y juni 4 qatlam, igna sanchish usuli.

Qo‘y va tuya juni asosida turli texnologiyalar yordamida olingan 2 va 4 qatlamli noto‘qima materiallarning fizik va gigiyenik xossalari TTYSI “Sentexuz” sertifikatlash markazida aniqlangan (1-jadval). Tuya junidan tayyorlangan materiallarda qatlamlarni biriktirish igna sanchish, qo‘y junidan tayyorlangan materiallarda esa igna sanchish va akril emulsiya yordamida yelimlash usullari qo‘llanilgan.

1-jadval

Qo‘y va tuya juni asosida igna sanchish va kimyoviy usul bilan tayyorlangan noto‘qima materiallarning fizik va gigiyenik xossalari

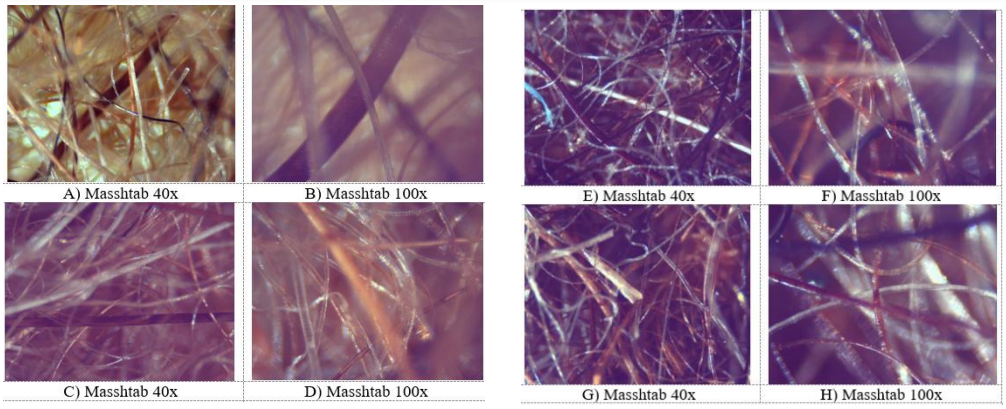
Ko‘rsatkichlar	Tuya juni		Qo‘y juni	
	4 qavat	2 qavat	4 qavat	2 qavat
	igna sanchish	igna sanchish	igna sanchish	akril emulsiya
Yuza zichligi, g/m^2	582,2	333,1	1030,4	753,1
Qalinligi, mm	3,8	2,5	6,4	4,5
Havo o‘tkazuvchanligi, sm^3/sm^2·s	86,8	161,9	50,3	100,2
Suvga chidamliligi, mm H_2O	120	60	160	110

1-jadval natijalariga ko‘ra, yuza zichligi bo‘yicha 2 qatlamli tuya juni asosidagi materialda qatlamlar sonining 2 tadan 4 taga oshirilishi yuza zichligini taxminan 74,8 % ga oshirgan. Bu natija material tarkibidagi tolalar miqdorining ortishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, qo‘y juni

asosidagi materiallarda yuza zichligi yanada yuqori bo‘lib, 2 qatlamdan 4 qatlamga o‘tishda yuza zichligi 36,8 % ga ortgan. 4 qatlamli namunalar taqqoslanganda, qo‘y juni asosidagi materialning yuza zichligi tuya juninikidan 77 % ga yuqori. Bunday farq jun tolalarining morfologik xususiyatlari, tolalarning zich joylashishi, ularning o‘zaro ilashish darajasi hamda material hosil qilish jarayonidagi zichlanish bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Material qalinligi ham qatlamlar sonining ortishi bilan sezilarli ravishda oshgan. Tuya junida qalinlik 2 qatlamdan 4 qatlamga o‘tganda 52 % ga oshgan. Qo‘y junida esa qalinlik 2 qatlamli akril emulsiyali namunaga nisbatan 4 qatlamli igna sanchilgan namunaniki 42,2 % ga ortgan. Demak, qo‘y juni asosidagi materiallar nafaqat yuqori yuza zichligiga, balki kattaroq qalinlikka ham ega. Yuza zichligi va qalinlikning birgalikda ortishi materialning ko‘p qatlamli tolali tuzilmasi shakllanganligini ko‘rsatadi. Bu holat SEM tasvirlarida kuzatilgan tolalarning o‘zaro kesishishi, ilashishi va zichroq joylashishi bilan ham mos keladi. Ayniqsa, 4 qatlamli namunalarda tolalarning o‘zaro ilashish va tutashish darajasining ortishi materialning hajmiy tuzilmasini yanada zichlashtirgan. Havo o‘tkazuvchanligi bo‘yicha esa teskari tendensiya kuzatiladi. Tuya junidan tayyorlangan materialda havo o‘tkazuvchanligi qatlamlar sonining ikki baravar oshishi natijasida havo o‘tkazuvchanligi 46,4 % ga kamaygan. Bu holat tolalararo bo‘shliqlarning kamayishi va material strukturasining zichlashishi bilan izohlanadi. Qo‘y juni asosidagi materiallarda ham havo o‘tkazuvchanligi akril emulsiyasi bilan yopishtirilgan 2 qatlamga nisbatan 4 qatlamli igna sanchish usuli bilan tayyorlangan namunada 49,8 % ga kamaygan. Shunday qilib, har ikkala turdagi materialda qatlamlar sonining ortishi havo oqimining material orqali o‘tishini deyarli ikki baravargacha cheklagan. Shu bilan birga, havo o‘tkazuvchanligining kamayishi faqat qatlamlar sonining ortishi bilan emas, balki tolalarning joylashish zichligi va biriktirish darajasi bilan ham bog‘liq. Igna sanchish jarayonida tolalarning turli yo‘nalishlarda qayta joylashishi va o‘zaro ilashishi materialdagi ochiq g‘ovaklarning qisqarishiga olib keladi. Akril emulsiya esa tolalararo bo‘shliqlarning bir qismini polimer faza bilan to‘ldirib, havo oqimiga qarshilikni oshirishi mumkin. Suvga chidamlilik natijalari ham material strukturasining zichligi va biriktirish usuli bilan bog‘liq. Tuya junida suvga chidamlilik 2qatlamli namunadan 4 qatlamli namunaga o‘tganda, 2 baravar, ya’ni 100 % lik o‘sishni anglatadi. Qo‘y junida esa ushbu ko‘rsatkich 2 qatlamli akril emulsiyali materialga nisbatan 4 qatlamli igna sanchish materialida qatlamlar sonining oshishi suv bosimiga chidamlilikni 45,5 % ga oshirgan. Bu natijalar havo o‘tkazuvchanligi bilan teskari bog‘liqlikni ko‘rsatadi: material zichlashgani sari havo o‘tishi qiyinlashadi, biroq suvning material orqali o‘tishiga qarshilik ortadi. Shu jihatdan 4 qatlamli qo‘y juni asosidagi namuna 160 mm H_2O qiymat bilan tadqiq etilgan namunalar orasida eng yuqori suvga chidamlilikni namoyon qilgan. Umuman, qatlamlar sonini oshirish suvga chidamlilikni oshiradi, biroq havo o‘tkazuvchanligini kamaytiradi. Bu ko‘rsatkichlar funksional polimer-to‘qima kompozit materialining himoyalovchi va gigiyenik xususiyatlari o‘rtasidagi muvozanatni tavsiflaydi.

Qo‘y va tuya juni asosida olingan noto‘qima materiallarni “B-150 Optika mikroscopes” mikroskopida olingan, 40x va 100x marta kattalashtirilgan tasvirlari 2-rasmda keltirilgan.

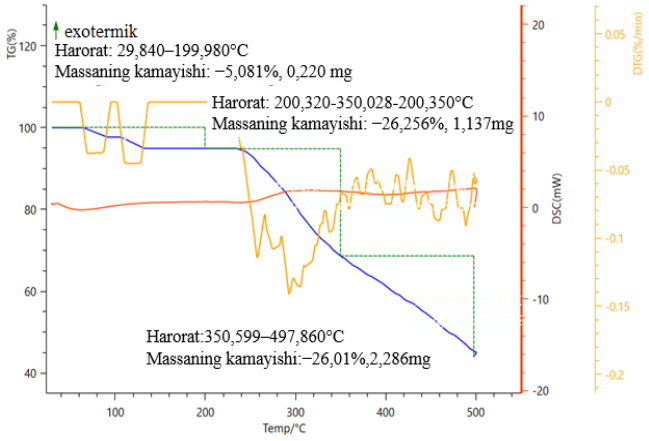
2-rasmlardan ma’lum bo‘lishicha, qo‘y va tuya juni asosida turli texnologiyalar yordamida olingan noto‘qima materiallarning morfologik tuzilishida sezilarli farqlar mavjudligini ko‘rsatadi. A–B rasmlarda tuya junidan 2 qatlamli, igna sanchish usulida olingan material kuzatiladi. 40× kattalashtirishda tolalarning asosan tartibsiz, turli yo‘nalishlarda joylashgani va ular orasida nisbatan katta bo‘shliqlar mavjudligi ko‘rinadi. 100× kattalashtirishda esa alohida tolalarning o‘zaro mexanik ilashishi hamda igna sanchish natijasida tolalarning bir-biriga kirishishi yaqqolroq namoyon bo‘ladi.



2-rasm. Qo‘y va tuya juni asosida olingan noto‘qima materiallarning mikroskop tasvirlari: A, B–tuya juni, 2 qatlam, igna sanchish usuli; C, D– tuya juni, 4 qatlam, igna sanchish usuli; E, F–qo‘y juni, 2 qatlam, akril emulsiyasi bilan qatlamlarni yelimlash usuli; G, H–qo‘y juni 4 qatlam, igna sanchish usuli.

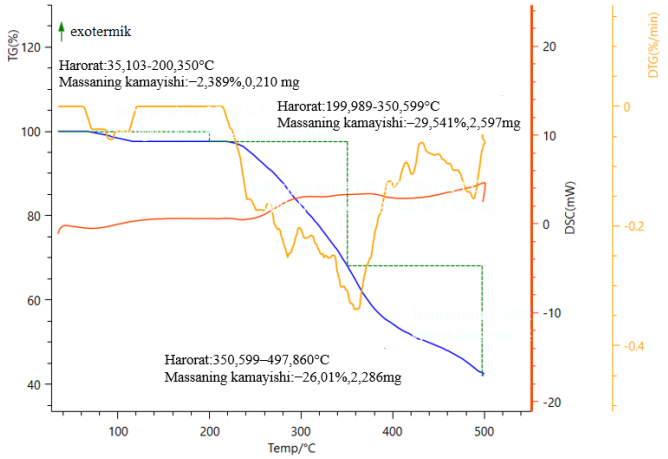
C–D rasmlar 4 qatlamli tuya junidan igna sanchish usulida tayyorlangan materialga tegishli. 2 qatlamli namunaga (A–B) nisbatan tolali strukturaning zichroq shakllanganligi kuzatiladi. Qatlamlar sonining ortishi material hajmida tolalar konsentratsiyasining oshishiga, bo‘shliqlar hajmining kamayishiga va tolalararo mexanik bog‘lanishlarning ko‘payishiga olib kelgan. 100× kattalashtirishda tolalarning bir-birini kesib o‘tishi va o‘zaro ilashganligi yanada aniq ko‘rinadi.

E–F rasmlarda qo‘y junidan 2 qatlamli va qatlamlari akril emulsiyasi yordamida yelimlangan materialning morfologiyasi keltirilgan. Bu namunada tolalar orasidagi bo‘shliqlarning qisman polimer faza bilan to‘ldirilgani hamda ayrim tolalar yuzasida bog‘lovchi moddaning mavjudligi kuzatiladi. Natijada tolalar o‘rtasida nafaqat mexanik, balki polimer bog‘lovchi ishtirokidagi adgeziya xarakteridagi birikish hosil bo‘lganligini taxmin qilish mumkin. 100× tasvirda akril emulsiyasi ta’sirida tolalarning bir-biriga nisbatan mahkamroq birikkan joylari aniqroq namoyon bo‘ladi. G–H rasmlar 4 qatlamli qo‘y junidan igna sanchish usulida olingan materialga tegishli. Ushbu namunada tolalar nisbatan zich joylashib, o‘zaro kesishgan va ilashgan ko‘p qatlamli hajmiy tolali tuzilmani hosil qilgan. Ignalarning mexanik ta’siri natijasida tolalarning turli yo‘nalishlarda qayta joylashishi va qatlamlararo o‘zaro kirishishi ta’minlangan. 100× kattalashtirishda tolalarning kesishish nuqtalari va mexanik ilashishlari yanada yaqqol ko‘rinadi. Tuya va qo‘y juni asosidagi igna sanchish va akril emulsiyasi asosida yelimlash usullari bilan tayyorlangan noto‘qima matolarning termik barqarorligini baholash uchun TGA va DTA tadqiqotlari o‘tkazildi (3, 4-rasmlar).



3-rasm. Tuya juni asosidagi igna sanchish usulida olingan noto‘qima materialning TGA va DTA egrilari

3-rasmdagi tuya junidan igna sanchish usulida olingan noto‘qima matoning TG–DTA tahliliga ko‘ra, materialning 30-498°C harorat oralig‘ida uch bosqichli termik parchalanish xarakteriga ega ekanligi aniqlandi. 30-200°C oralig‘ida 5% massa yo‘qotilishi namlik va uchuvchan komponentlarning ajralishi bilan bog‘liq. 200-349°C oralig‘ida massa yo‘qotilishi 26% ni tashkil etib, tuya juni tarkibidagi keratinning asosiy termik destruksiyasi bilan tavsiflanadi. 349–498°C oralig‘ida qo‘shimcha 25% massa yo‘qotilishi kuzatilib, bu keratin makromolekulasining chuqur termik parchalanishi va uglerodli qoldiqning hosil bo‘lishi ifodalaydi. Umumiy massa yo‘qotilishi 56% ni, 498°C da qolgan qoldiq massa esa 44% ni tashkil etdi. Olingan natijalar tuya juni asosidagi igna sanchilgan noto‘qima materialning 200°C gacha nisbatan yuqori termik barqarorlikka ega ekanligini, 200-500°C oralig‘ida esa asosiy termik destruksiya jarayoni sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.



4-rasm. Tuya juni asosidagi akril emulsiyasi bilan yelimlash usulida olingan noto‘qima materialning TGA va DTA egrilari

4-rasmdagi tuya junini akril emulsiyasi yordamida yopishtirish orqali olingan noto‘qima matoning TG–DTA tahlilida termik parchalanish jarayoni 35-498°C oralig‘ida uch bosqichda kechishi aniqlandi. 35-200°C oralig‘ida 2% massa yo‘qotilishi kuzatilib, bu asosan namlik va uchuvchan komponentlarning ajralishi bilan bog‘liq. 200-350°C oralig‘ida eng katta – 29% massa yo‘qotilishiga tegishli bo‘lib, ushbu bosqich tuya juni keratinining destruksiyasi hamda akril emulsiyasi asosidagi bog‘lovchi komponentlarning termik parchalanishi bilan tavsiflanadi. 351-498°C oralig‘ida massa yo‘qotilishi 26% ni tashkil etib, keratin va polimer bog‘lovchining chuqur termik destruksiyasi davom etgan. Umumiy massa yo‘qotilishi 58%, 498°C dagi qoldiq massa esa 42% ni tashkil etdi. Natijalar akril emulsiyasi bilan modifikatsiyalangan tuya juni asosidagi noto‘qima materialning asosiy termik destruksiya sohasi 200-350°C oralig‘ida joylashganligini ko‘rsatadi.

Xulosa va takliflar. Qatlamlar sonini oshirish suvga chidamlilikni oshiradi, biroq havo o‘tkazuvchanligini kamaytiradi. Bu ko‘rsatkichlar funksional polimer-to‘qima kompozit materialining himoyalovchi va gigiyenik xususiyatlari o‘rtasidagi muvozanatni tavsiflaydi. Olingan natijalar qo‘y va tuya juni asosida tayyorlangan noto‘qima materiallarning strukturaviy hamda fizik xususiyatlari qatlamlar soni va ularni biriktirish usuliga bog‘liqligini ko‘rsatdi. Qatlamlar sonining 2 tadan 4 tagacha oshirilishi materiallarning yuza zichligi va qalinligining ortishiga, havo o‘tkazuvchanligining kamayishiga hamda suvga chidamliligining oshishiga olib keldi. Xususan, tuya juni asosidagi materialda yuza zichligi 74,8 % ga, qalinligi 52 % ga va suvga chidamliligi 100 % ga oshgan bo‘lsa, havo o‘tkazuvchanligi 46,4 % ga kamaygan. Qo‘y juni asosidagi materialda esa ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 36,8; 42,2; 45,5 % ga oshib, havo o‘tkazuvchanligi 49,8 % ga kamaygan. Mikroskop tasvirlari mazkur o‘zgarishlarni tolalarning zichroq joylashishi, o‘zaro ilashish va tutashish darajasining ortishi hamda tolalararo bo‘shliqlarning qisqarishi bilan izohlash imkonini beradi. Shu bilan birga, akril emulsiya

yordamida yelimlash tolalar orasida qo‘shimcha polimer bog‘lovchi fazaning shakllanishini ta’minlab, materialning strukturaviy yaxlitligiga ta’sir ko‘rsatgan. Umuman, tadqiqot natijalari qatlamlar soni va biriktirish texnologiyasini o‘zgartirish orqali jun asosidagi noto‘qima materiallarning zichligi, havo o‘tkazuvchanligi va suvga chidamliligi kabi funksional xususiyatlarini boshqarish mumkinligini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan TGA va DTA tahlillari natijalariga ko‘ra, 349–498°C oralig‘ida kuzatilgan massa yo‘qotilishi keratin makromolekulalarining intensiv termik parchalanishi, uchuvchan parchalanish mahsulotlarining ajralishi va uglerodga boy termik qoldiqning shakllanishi bilan izohlanadi. Harorat ortishi bilan namlik va uchuvchan komponentlarning ajralishi, keyinchalik keratin makromolekulalarining termik parchalanishi kuzatilib, yuqori haroratlarda uglerodli qoldiq hosil bo‘lishi aniqlandi.

Reference

1. Rafikov A., Mirzayev N., Alimkhanova S. Multilayer nonwoven lining materials made of wool and cotton for clothing and footwear. Journal of Industrial Textiles. 2022; 51(4_suppl):6173S–6194S. DOI: 10.1177/15280837211060881.
2. Borkulakova Zh.K., Shardarbek M.Sh., Junisbekov M.Sh., Kuandykuly M. Specifics for manufacturing insulating needle-punched nonwoven materials from coarse wool. Progress in Science. 2024; (5).
3. Borkulakova Z., Shardarbek M., Ilkhamova M., et al. Optimization of Warmth Retention in Nonwoven Materials Made from Coarse and Semi-Coarse Sheep Wool. Journal of Natural Fibers. 2025; 22(1). DOI: 10.1080/15440478.2025.2578612.
4. Chen N., Liu C.K., Ashby R. Modification of Wool Fibers via Base/Cationic Detergent Pretreatment and Transglutaminase-mediated Reaction of Keratin. Journal of Natural Fibers. 2022; 19(15):10924-10934. DOI: 10.1080/15440478.2021.2002780.
5. El-Sayed H., Mowafi S., Basuoni A.S. One-pot multi-functional finishing of wool fabric using reactive nonionic softener. Heliyon. 2022; 8(10):e10985. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10985.
6. Ghasemian R., Barani H., Khazaei F. Surface modification and performance of wool fibers after combined plasma and enzyme treatments. Scientific Reports. 2025; 15:9079. DOI: 10.1038/s41598-025-93665-3.
7. Zhao P., Xu P., An L. Effect of Different Wool Fiber Finishing Methods on Cuticle Scales: A Review. Journal of Fiber Science and Technology. 2023;79(9):200–210. DOI: 10.2115/fiberst.2023-0024.
8. Bulut M.O., Akçalı K. Sustainable Cationic Cotton with Keratin Hydrolysate. Fibers and Polymers. 2024; 25(8):3021–3033. DOI: 10.1007/s12221-024-00626-0.
9. Ibrahim N.A., Amin H.A., Abdel-Aziz M.S., Eid B.M. A green approach for modification and functionalization of wool fabric using bio- and nano-technologies. Clean Technologies and Environmental Policy. 2022; 24:3287-3302. DOI: 10.1007/s10098-022-02385-z.
10. Ghosh S., Goswami P., Rana S. Wool fiber as an In situ reducing agent towards ZnO-based surface modified fabric development: Durability assessment in the realm of textile applications. Surfaces and Interfaces. 2024; 51:104630. DOI: 10.1016/j.surfin.2024.104630.
11. Ibrahim N.A., Eid B.M., Emam E.M. An eco-friendly facile approach for imparting multifunctional protection properties to cellulose/wool blends. Polymer Bulletin. 2022; 79:10313–10331. DOI: 10.1007/s00289-021-04072-3.
12. Usta C., Seyhan A., Gürarslan A. Utilization of poplar fibers in needle punched nonwovens. Cellulose. 2024; 31:8351–8367. DOI: 10.1007/s10570-024-06062-w.
13. Ahmad F., Hassan A., Mushtaq B., Azam F., Ahmad S., Rasheed A., Nawab Y. A biodegradable alginate/chitosan hydrogel based nonwoven from pre-consumer cotton waste and virgin wool for food packaging. Industrial Crops and Products. 2024; 216:118795. DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118795.

14. Lebedytė M., Sun D. A review: can waste wool keratin be regenerated as a novel textile fibre via the reduction method? The Journal of the Textile Institute. 2022; 113(8):1750–1766. DOI: 10.1080/00405000.2021.1940018.
15. Shavandi A., Jafari H., Zago E., Hobbi P., Nie L., De Laet N. A sustainable solvent based on lactic acid and L-cysteine for the regeneration of keratin from waste wool. Green Chemistry. 2021; 23:1171–1174. DOI: 10.1039/D0GC04314A.
16. Pääkkönen I., Rissanen T., Ora A., et al. Valorization of Waste Wool to Keratin with a Green Solvent Based on a Deep Eutectic Mixture of Choline Chloride and Lactic Acid. Waste and Biomass Valorization. 2025; 16:1045-1055. DOI: 10.1007/s12649-024-02733-8.
17. Yang S., Wang M., Meng J., et al. A reductive natural deep eutectic solvent based on citric acid and L-cysteine for extracting keratin from wool. Bioresource Technology. 2025; 437:133178. DOI: 10.1016/j.biortech.2025.133178.
18. Vikash V.L., Kamini N.R., Ponesakki G., Anandasadagopan S.K. Microbial disintegration of wool: An effective and sustainable approach for keratin extraction. International Journal of Biological Macromolecules. 2025; 290:138806. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.138806.

UDK 677.027.254.3/.4:675.832.001.76

JUN TOLALI MATOLARNI BO‘YASH VA ANTIBAKTERIAL XOSSA BERISHNING BIRLASHTIRILGAN USULI

Z.Sh.Islamova[1], A.I.Nuritdinov[1], D.B.Matkarimova[2], Sh.T.Mamanov[3]
[1]Tashkent Institute of Textile and Light Industry
[2] Urgench State University named after Abu Raykhan Beruni
[3] "Turon Tex" limited liability company

Annotatsiya. *Maqolada jun tolali matolarni* Indigofera Tinctoria L. *o‘simligi bilan bo‘yashda xurushlovchi tuzlarni bimetall ion kombinatsiyalari – Cu^{2+}/Fe^{3+}, Al^{3+}/Cu^{2+}, Al^{3+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}/Zn^{2+}, Zn^{2+}/Al^{3+}, Al^{3+}/Sn^{2+} sifatida qo‘llanildi. Bo‘yash jarayonida, rang hosil bo‘lish mexanizmi, rang intensivligini oshirishda bo‘yovchi moddaga qo‘yilgan qatiiy (pH=10.5, T=90°C) texnologik chegaralarni saqlagan xolda erishildi. Jun matoga bimetall ion xurushlovchilar bilan oldindan ishlov berildi. Xurushlash jarayoni rang fiksatsiyasini, rang barqarorligini hamda matoning funksional, jumladan antibakterial xossalarini oshirishga xizmat qildi. Bu maqsadda Cu^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Zn^{2+} va Sn^{2+} ionlarining tuzlari alohida yoki bimetall ion kombinatsiyalar ko‘rinishida qo‘llanildi. So‘ngra jun mato* Indigofera Tinctoria L. ning bo‘yash *eritmasiga solinib, 50°C haroratda 20 daqiqa davomida bo‘yaldi. YAkuniy bosqichda bo‘yalgan jun mato neytral sovunning 2 g/l konsentratsiyasida 40°C haroratda 15 daqiqa yuvilib, so‘ngra quritildi. Cu^{2+} ishtirokidagi kombinatsiyalar jun matolarda nafaqat rang to‘yinganligini oshirishi, balki antibakterial xususiyat namoyon qilishi aniqlandi. Zn^{2+} esa antibakterial ta’sir ko‘rsatib, matolarning gigienik xossalarini yaxshiladi. Bunda Staphylococcus aureus ATCC 25923 ga qarshi 90 %, va Escherichia coli ATCC 8739 shtamplariga qarshi esa 85% antibakterial xususiyatga ega ekani ko‘rsatdi.*

Kalit so‘zlari: *jun mato, alkaloid birikmalar, metal ionlari, bakteriyalar, bimetall kombinatsiyalari, oksidlanish jarayoni, antibakterial xossa, konsentratsiya.*

Аннотация. *В данной статье для крашения шерстяных тканей с использованием растения *Indigofera tinctoria* L. применялись биметаллические комбинации ионов солей-протрав Cu^{2+}/Fe^{3+}, Al^{3+}/Cu^{2+}, Al^{3+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}/Zn^{2+}, Zn^{2+}/Al^{3+} и Al^{3+}/Sn^{2+}. Формирование цвета и усиление его интенсивности достигались при строгом соблюдении установленных технологических параметров процесса крашения (pH = 10,5; T = 90 °C). Шерстяная ткань проходила предварительную обработку с использованием данных биметаллических*

*протрав. Процесс крашения был направлен на улучшение фиксации и стойкости цвета, а также на придание ткани функциональных свойств, включая антибактериальные. Для этого использовали соли ионов Cu^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Zn^{2+} и Sn^{2+} — как по отдельности, так и в виде комбинаций двух металлов. Затем шерстяную ткань погружали в раствор красителя из *Indigofera tinctoria* L. и окрашивали в течение 20 минут при температуре 50°C. На заключительном этапе окрашенную ткань промывали в растворе нейтрального мыла (концентрация 2 г/л) при температуре 40°C в течение 15 минут, после чего высушивали. Было установлено, что комбинации с участием ионов Cu^{2+} не только усиливали насыщенность цвета шерстяных тканей, но и придавали им антибактериальные свойства. В свою очередь, ионы Zn^{2+} проявили антибактериальный эффект и улучшили гигиенические характеристики тканей, продемонстрировав антибактериальную активность на уровне 90% в отношении штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 и 85% — в отношении штамма *Escherichia coli* ATCC 8739.*

Ключевые слова: *шерстяная ткань, алкалоидные соединения, ионы металлов, бактерии, биметаллические комбинации, процесс окисления, антибактериальное свойство, концентрация.*

Abstract. *In this article, bimetallic ion combinations of mordant salts—specifically Cu^{2+}/Fe^{3+}, Al^{3+}/Cu^{2+}, Al^{3+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}/Zn^{2+}, Zn^{2+}/Al^{3+}, and Al^{3+}/Sn^{2+}—were employed in the dyeing of wool fabrics using the *Indigofera tinctoria* L. plant. The color formation and the enhancement of color intensity were achieved while strictly adhering to the established technological parameters (pH = 10.5, T = 90°C) for the dyeing process. The wool fabric was pre-treated with bimetallic ions acting as mordants. The mordanting process served to enhance dye fixation and color fastness, as well as the fabric's functional properties, including antibacterial characteristics. For this purpose, salts of Cu^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, and Sn^{2+} ions were applied either individually or in bimetallic ion combinations. Subsequently, the wool fabric was immersed in an *Indigofera tinctoria* L. dye solution and dyed at 50°C for 20 minutes. In the final stage, the dyed wool fabric was washed in a neutral soap solution (concentration of 2 g/L) at 40°C for 15 minutes and then dried. It was determined that combinations involving Cu^{2+} not only enhanced color saturation in the wool fabrics but also imparted antibacterial properties. Zn^{2+} exerted an antibacterial effect, improving the hygienic properties of the fabrics. It demonstrated antibacterial activity of 90% against *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and 85% against *Escherichia coli* ATCC 8739 strains.*

Key words: *wool fabric, alkaloid compounds, metal ions, bacteria, bimetallic combinations, oxidation process, antibacterial property, concentration.*

Kirish. Indigo — tarixiy jihatdan eng qadimiy tabiiy bo‘yovchi moddalardan biri bo‘lib, u asosan Indigofera Tinctoria L. o‘simligidan olinadi. Indigo bo‘yog‘ining yuqori fotostabilligi, yuvishga chidamliligi va chuqur ko‘k rang hosil qilish xususiyatlari mavjudligi aniqlangan [1]. Shu bilan birga, indigo bo‘yog‘ining suvda erimasligi va bo‘yash jarayonidan oldin uni qaytarilgan (leyko-indigo) shaklga o‘tkazish zarurati texnologik jihatdan muayyan qiyinchiliklarni keltirib chiqarishi ta’kidlangan [2]. Ayniqsa, oqsilli tolalar, xususan jun tolali matolarni indigo bilan bo‘yashda tolaning ishqoriy muhitga sezgirligi alohida e’tibor talab qiladi [3]. So‘nggi yillarda to‘qimachilik sanoatida ekologik xavfsiz, inson salomatligiga bezarar va funksional xususiyatlarga ega bo‘lgan bo‘yovchi moddalarga talab ortib bormoqda. Ayniqsa, jun tolali matolarni tabiiy bo‘yovchi moddalar bilan pardozlash va ularga antibakterial xususiyat berish ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu jihatdan Indigofera Tinctoria L. o‘simligi alohida ahamiyatga ega. Indigofera Tinctoria L. o‘simligi bilan jun tolali matolarni bo‘yash orqali antibakterial xususiyat berishda tarkibida indikan, indoksil, fenol birikmalar va flavonoidlar mavjud bo‘lib, ushbu moddalar nafaqat rang berish, balki mikroorganizmlar o‘sishini cheklash xususiyatiga ham ega. Jun tolasi tabiatan oqsilli (keratinli) tuzilishga ega bo‘lib, 14 –18 % – namlikni o‘zida yaxshi singib oladi. Bu holat jun matolarda bakteriyalar ko‘payishi uchun qulay muhit yaratadi. Shu sababli jun matolarni bakteriyalardan himoya qilish orqali inson salomatligini

muhofaza qilish, teri kasalliklari va allergiyaning oldini olish; matoning xizmat muddatini uzaytirish – biodegradatsiyani kamaytirish; gigienik va noxush hidlarni kamaytirish, jun mahsulotlari uchun juda muhim omil hisoblanadi. Indigofera Tinctoria L. bilan bo‘yash jarayonida bo‘yoq molekulalarining jun tolasi bilan mustahkam bog‘lanishi natijasida uzoq muddatli ayrim alkaloid birikmalar va tabiiy antioksidlarga qarshi antibakterial ta’sir hosil bo‘ladi. Shuningdek Indigofera Tinctoria L. bilan bo‘yash jarayonida bio-xurushlovchilar, taninli o‘simlik ekstraktlari bilan fermentativ usulni qo‘llanilganda bakteritsid xususiyat yanada oshishi aniqlangan [4]. Bu holat Indigofera Tinctoria L. ning ekologik toza va funksional bo‘yovchi modda sifatidagi ahamiyatini yanada kuchaytiradi. Jun tolasining kimyoviy tabiatiga bag‘ishlangan tadqiqotlarda uning asosini tashkil etuvchi keratin oqsili [5], amin, karboksil va gidroksil funksional guruhlarining mavjudligi bo‘yash jarayonida hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligi qayd etilgan [6]. Jun tolasining makromalekulalarining tuzilishi bo‘yovchi molekulalarning diffuziyasi va fiksatsiyasiga ta’sir qilishi, shuning uchun xurushlovchi moddalardan foydalanish rang barqarorligini oshirishda muhim omil ekanligi ko‘rsatilgan [7]. Xurushlash jarayonida alyuminiy [8], temir [9], rux [10] va mis tuzlari [11] eng an’anaviy xurushlovchilar sifatida keng qo‘llanilib kelingani ta’kidlangan [12]. Shu bilan birga, rux va kumush [13-15] yuqori konsentratsiyada qo‘llanilishi tolaning qattiqlashishi va mexanik xossalarining yomonlashishiga olib kelishi mumkinligi ham qayd etilgan [16]. So‘nggi yillardagi tadqiqotlarda xurushlovchi tuzlarini nanomiqyosli holda qo‘llash bo‘yash jarayoni samaradorligini oshirishning istiqbolli yo‘nalishlardan biri ekanligini ko‘rsatmoqda. Bimetall xurushlovchilardan foydalanib ikki xil metall ionlarining bir vaqtda qo‘llanilishi natijasida rang intensivligi va barqarorligi oshishi, shu bilan birga har bir metallning salbiy ta’sirini kamaytirish mumkin. Alyuminiy – mis, mis – rux va alyuminiy – temir kombinatsiyalari jun tolali matolar uchun nisbatan samarali va xavfsiz usul sifatida baholangan [17]. Shu bilan birga, indigo bo‘yovchi moddasi jun tolali matolarga bimetall xurushlovchilar ishtirokida qo‘llash masalasi etarlicha chuqur o‘rganilmagan. Ayniqsa, konsentratsiya, harorat va vaqt parametrlarining kompleks ta’siri, rang barqarorligi bilan bir qatorda funksional (antibakterial) [18, 19] xossalarning shakllanishi bo‘yicha ma’lumotlar etarlicha emas. Bu esa mazkur tadqiqotni amalga oshirishning ilmiy va amaliy ahamiyatini yanada oshiradi. Tabiiy bo‘yovchi moddalardan, ayniqsa Indigofera Tinctoria L. o‘simligidan olingan bo‘yovchi modda bilan jun tolali matolarni bo‘yash jarayonida xurushlovchilardan foydalanishning muhim texnologik ahamiyati bor. Xurushlovchilar asosan rang fiksatsiyasi va barqarorligini ta’minlash bilan bir qatorda, ularning ayrimlari jun matolarga antibakterial va bakteriostatik xossalar ham beradi.

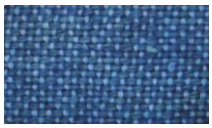
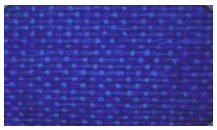
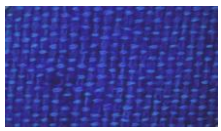
Uslubiy qism. Tadqiqot ob’ekti sifatida O‘zbekiston hududida joylashgan Farg‘ona viloyati OOO Yodgorlik Aftogaz majmuasida to‘qilgan, qalinligi 1,37 mm, (63:37) jun/ paxta aralash tolalaridan iborat yarim jun matosi tanlab olindi. Jun matosidagi tabiiy yog‘lar, iflosliklar va texnologik qoldiqlarni olib tashlash maqsadida yuvish amalga oshirildi. Bu jarayon yuvuchi modda Sulfanol NP-1 ning 3 g/l konsentratsiyasida, 40–45°C haroratda 30 daqiqa davomida olib borildi. So‘ngra matoni xurushlash jarayoni amalga oshirilgan bo‘lib, bunda bo‘yovchi modda rangining fiksatsiyasini, rang barqarorligini hamda matoning funksionall – antibakterial xossalarini oshirishga xizmat qiladi. Metall ionlari nisbatan past bo‘lib, Cu^{2+} uchun 0,3–0,5 g/l, Fe^{3+} uchun 0,2–0,4 g/l, Al^{3+} uchun 0,5–1,0 g/l, Zn^{2+} uchun 0,3–0,6 g/l va Sn^{2+} uchun 0,1–0,3 g/l atrofida tanlandi. Xurushlash jarayoni pH 4,5–5,5 bo‘lgan kam kislotali muhitda, 60°C haroratda 45 daqiqa davomida olib borildi. Bu bosqichdan keyin mato to‘g‘ridan-to‘g‘ri bo‘yash jarayoniga o‘tkazildi. Jun mato indigo bo‘yoq eritmasiga solinib, 50°C haroratda 20 daqiqa davomida bo‘yaldi. Bu vaqt davomida leyko-indigo molekulalari jun tolasining ichki qatlamlariga diffuziya yo‘li bilan kirib boradi. Bo‘yash tugagach, mato eritmadan olinib, 5 daqiqa 20±5°C xaroratida saqlandi. Bu bosqich oksidlanish bosqichi deb atalib, leyko-indigo havo kislorodi ta’sirida qayta indigo shakliga o‘tib, jun tolasi ichida barqaror ko‘k rang hosil qiladi. Oksidlanish jarayoni xona haroratida 15–30 daqiqa davom ettirildi. Yakuniy bosqichda bo‘yalgan jun mato neytral sovunning

2 g/l konsentratsiyasida 40°C haroratda 15 daqiqa yuvilib, erkin bo‘yoq va metall ionlari qoldiqlaridan tozalandi. So‘ngra mato sovuq suvda chayilib, 40°C dan oshmagan haroratda quritildi. Jun tolalarining rang intensivligi “X-Rire Ci7800” (Koreya) spektrokolorimetr yordamida aniqlandi [20], rang xarakteristikalarni sistemalashtirish uchun rang doira sistemasi va L.a.b. rang modelidan foydalanildi. Rang yorqinligi (L*) bo‘yicha rang tiniqligi (B, kd/m^2) shuningdek, nur qaytarish koeffitsienti (R, %) asosida, Gurevich–Kubelki–Munk funksiyasi orqali namunalarning rang intensivligi (K/S) hisoblangan. O‘rganilayotgan to‘qimachilik materiallari namunalarining moddalar kimyoviy tarkibining sifat tahlili va molekulyar birikmalarning struktura xarakteristikalarini aniqlash IQ-Fure spektrometri “Nicolet iS50” (Thermo Fisher Scientific, CШA) jixozida bajarildi. O‘lchashlar 4000-400 sm^{-1} spektral diapazonda, 0,1 sm^{-1} dan ko‘p bo‘lmagan to‘lqin sonlari absolyut xatoligida amalga oshirildi. Antibakterial samaradorlik to‘qimachilik materiallari uchun mo‘ljallangan ISO 20743:2021 standart protokoliga muvofiq miqdoriy usulda baholandi.

Tajriba natijalari tahlili. Jun tolali mato namunalarini tabiiy bo‘yovchi modda – Indigo (*Indigofera Tinctoria L.*) bo‘yovchi modda bilan bo‘yash jarayonida xurrshlovchilarning turi va ularning konsentratsiyasi jun tolali materiallarda hosil bo‘ladigan rang intensivligi va tusiga ta’sir etadi [21, 22]. Tadqiqotlarda xrushlovchi turining jun mato rang sifat ko‘rsatkichlariga bo‘lgan ta’sirini o‘rganish maqsadida 6 ta yarim jun mato namunasi bir xil sharoitda va bir xil konsentratsiyadagi xurushlovchilar va bir xil konsentratsiyadagi bo‘yovchi modda eritmasida bo‘yaldi. Bimetall kombinatsiya qo‘llanilganda har bir ion minimal samarali miqdorda olindi.

Jadval 1

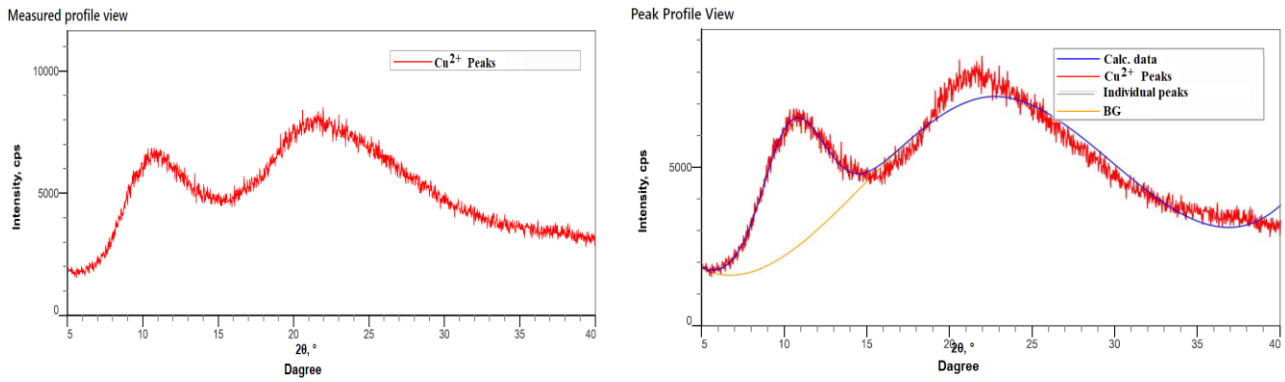
Jun tolali mato rang ko‘rsatkichlarini bo‘yovchi modda konsentratsiyasi va bimetall nanoxurushlovchi turiga bog‘liqligi.

Bimetall xurushlovchi turlari	Bo‘yalgan mato ko‘rinishi	a* (Qizil-Yashil)	b* (Sariq-Ko‘k)	L* (Rang yorqinligi)	C* (Rangning to‘yinganligi)
Al^{3+} / Cu^{2+}		22.21	21.18	66.06	30.69
Al^{3+} / Fe^{3+}		12.27	21.20	59.03	30.63
Al^{3+} / Sn^{2+}		25.90	19.08	68.13	22.78
Zn^{2+} / Al^{3+}		10.06	15.98	64.11	18.89
Cu^{2+} / Zn^{2+}		12.78	22.48	62.81	21.86
Cu^{2+} / Fe^{3+}		11.27	20.20	57.13	23.13

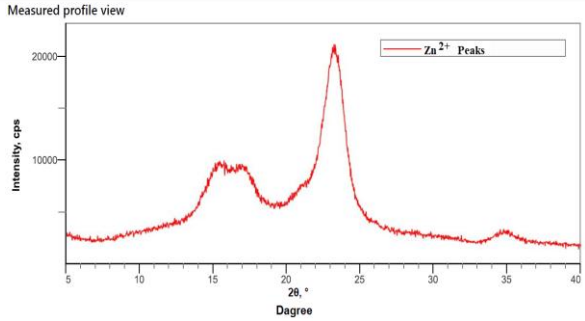
Indigofera Tinctoria L. bargining kukuni sovuq suvda yaxshilab aralashtirilib, kerakli miqdordagi suv bilan hisob bo‘yicha olingan hajmga keltirildi va 6 ta bo‘yash eritmasiga turli xurushlovchilar solinib bo‘yash jarayoni amalga oshirildi. *Indigofera Tinctoria L.* bilan bo‘yalgan jun tolali mato rang xarakteristikalari D_{65} standart nurlanishda laboratoriya kolorimetrida aniqlandi. CiE Lab rang maydon modeli rang sifatlarini 360 nm to‘lqin uzunlikda aniqlandi, olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

Keltirilgan natijalar turli xrushlovchi sifatida Cu^{2+}/Al^{3+} va Cu^{2+}/Zn^{2+} kombinatsiyalari jun matolarda rang to‘yinganligini va bir tekis tarqalishini ta’minlashi bilan birga, antibakterial xossani ham oshiradi. Fe^{3+} ishtirokidagi kombinatsiyalar esa rangni to‘qlashtirishi va jigarrang-yashilsimon tus hosil qilishi kuzatildi. Al^{3+} / Cu^{2+} – och ko‘k, osmonrang, Cu^{2+} / Zn^{2+} – yorqin ko‘k, binafsha rang, Zn^{2+} / Al^{3+} – tiniq ko‘k yorqin ranglarni hosil bo‘lishini ko‘rstmoqda. Al^{3+} / Sn^{2+} – qo‘llanilganda och ko‘k-binafsha, yaltiroq ko‘k ranglar hosil bo‘lganligi aniqlandi. Al^{3+} tuzlari jun tolasiga nisbatan yumshoq ta’sir ko‘rsatib, rangning bir tekis taqsimlanishini ta’minlasa, Fe^{3+} tuzlari rangni to‘qlashtirishi bilan xarakterlandi. Zn^{2+} rangni ochiq va tozaligini ta’minlasa, Sn^{2+} rang ravshanligini oshirishga xizmat qildi [23]. Shuningdek Cu^{2+}, Zn^{2+} va Sn^{2+} tuzlari rang to‘yinganligini oshirish bilan birga, antibakterial xossalarga ega ekanligi bilan ajralib turadi. Mis ionlari (Cu^{2+}) jun tolasi bilan samarali kompleks hosil qilib, antibakterial ta’sir ko‘rsatadi [24]. Shu sababli kelgusi tajriba ishlari uchun *Indigofera Tinctoria L.* va bimetall Cu^{2+} / Zn^{2+} xurushlovchilari bilan ishlov berilgan guruhdan o‘lchami 5 × 5 sm bo‘lgan sinov namunalari aseptik sharoitda kesib olindi va sterillangan petri idishlariga joylashtirildi. Petri idishida C_0 va C_{24} mos ravishda 0 soat va 24 soat davomida ishlovdan so‘ng tiklangan bakteriyalar soni aniqlandi. (2-rasm.) Adabiyot manbalarida keltirilgan ma’lumotlarga Wang va hammualliflar tomonidan bajarilgan ilmiy ishlarga mos ravishda [25]. Cu^{2+} / Zn^{2+} xrushlovchilarini jun mato bilan bog‘lanishining rentgen difraksion taxlili o‘tkazildi. Rentgen difraksiya usuli noma’lum kristall materiallar tuzilishini tahlil qilishda keng qo‘llaniladigan tadqiqot usuli hisoblanadi.

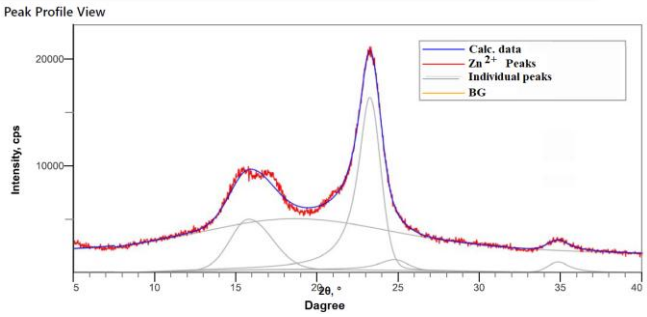
Cu^{2+} / Zn^{2+} saqlovchi zarrachalarning rentgen fazaviy tahlili nafaqat ularning fazalar sonining ko‘pligi bilan, balki tadqiqotlarda qo‘llanilgan to‘qimachilik materiallari tayyorlangan tolalarning yuqori kristallik darajasi [26-29], shuningdek, ularning kelib chiqish manbalarining xilma-xilligi bilan ajralib turdi. Shu sababli, rentgen difraksiya tahlillari faqat Cu^{2+} / Zn^{2+} bilan ishlov berilgan jun mato namunalarida xrushlovchilarni saqlovchi zarrachalar uchun amalga oshirildi rasm-1. Cu^{2+} / Zn^{2+} saqlovchi bimetal xrushlovchi zarrachalarning rentgen difraksiya ma’lumotlari kukunli difraksiya standartlari bo‘yicha hamda adabiyot manbalarida keltirilgan ma’lumotlardan [30-32] foydalanildi.



a b



c



d

Rasm-1. Cu^{2+} / Zn^{2+} xrushlovchilari bilan ishlov berilgan namunalarning rentgen-difraksion piklari

Difraksion piklarni identifikatsiya qilish natijasida namuna tarkibida asosan tenorit CuO – 6877 va mis ionlarining Cu^{2+}– 8922 fazalari mavjud ekani aniqlandi. Zn^{2+} ionlarining kiritilishi kristall panjarada qisman izomorfik almashinishni yuzaga keltirib, difraksion piklarning joylashuvi sink oksidi ZnO – 2132 va ikki valentli musbat zaryadli rux metall ionlarining Zn^{2+} – 2168 intensivligida sezilarli cho‘qqi o‘zgarishlari kuzatilishiga olib keldi, bu esa zarrachalarning kristall tuzilishi va fazaviy barqarorligiga ta’sir ko‘rsatganini ko‘rsatadi. Solishtirma tahlil natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2- jadval

Rentgen difraksiya tahlil natijalarini rentgen faza analizi – (XRD — X-ray Diffraction) ma’lumotlari bilan taqqoslash

2θ Daraja	Ishlov berilgan namunalar	Intervallar orasidagi masofalar (d) , A	
		Difraksion cho‘qqilar	XRD — X-ray Diffraction ma’lumotlar cho‘qqilari
32.52	CuO	6.877	6.868
35.50	Cu^{2+}	8.922	8.929
31.72	ZnO	2.132	2.131
36.29	Zn^{2+}	2.168	2.171

1-rasmning *a* qismida ko‘rsatilgan namunada bimetall metalionlarining rentgen difraksiya namunasidan ko‘rinib turibdiki, spektrda asosan 2θ = 35.50° va 36.29° da joylashgan ikkita aniq cho‘qqi ustunlik qiladi. Ushbu cho‘qqilar tenorit tuzilishga ega bo‘lgan CuO fazasiga XRD: 45–0937 tegishli, ZnO fazasiga XRD: 36–1451 tegishli Shu bilan birga, 2θ = 32.52° da joylashgan, juda past intensivlikka ega bo‘lgan CuO (II) oksidi — tenorit CuO fazasining XRD: 45–0937 cho‘qqisi kuzatildi. Bu cho‘qqilar sink geksagonal ZnO fazasida 2θ = 31,72° da joylashgan, juda past intensivlikka ega bo‘lgan ikki valentli musbat zaryadli rux metall ionlarining XRD: 36–1451 cho‘qqisi aniqlandi. Shu bilan birga, *b* va *d* tarkibli eritmalar yordamida olingan zarrachalarda kuprit va sink oksidi fazalarining miqdori yuqoriligi kuzatildi. Ushbu zarrachalarning rentgen difraksiya spektrlarida kuzatilgan ikkita siljish cho‘qqilaridan eng yuqori intensivlikka ega bo‘lgan bittasi 2θ = 32.52° ga nisbatan 35.50° da, ular tenorit tuzilishga ega Cu^{2+} fazasiga mansubdir. Shuningdek, 2θ = 31,72° ga nisbatan 36,29° da joylashgan siljish cho‘qqisining eng yuqori intensivlikka ega bo‘lgan bittasi Zn^{2+} ga tegishli ekani aniqlandi. Xulosa qilib aytganda, rentgen difraksiya tahlili natijalari *b* va *d* namunalarda xrushlovchi zarrachalari fazasining ustunlik qilishini, *a* va *s* tarkibli namunalardagi kuprit va sink oksidi fazasini asosiy o‘rnini egallashini ko‘rsatdi. *Indigofera Tinctoria L.* bo‘yovchi moddasi tarkibidagi –OH va –NH funksional guruhlar jun tolasining keratin tuzilmasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishib, metall ionlarining tola ichida barqaror taqsimlanishiga sharoit yaratdi. Natijada, Cu^{2+} zarrachalarining kristall panjara parametrlarida lokal deformatsiya yuzaga kelib, difraksion piklarning joylashuvi va intensivligida

o‘zgarishlar kuzatildi. ZnO geksagonal fazasiga xos bo‘lgan difraksion cho‘qqilarning XRD № 36–1451 mavjudligi Zn^{2+} ionlarining mustaqil oksid faza hosil qilib, indigo–xrushlovchi–jun tizimida ionlarni o‘zaro almashinishi orqali tasdiqlanadi. Bu esa bo‘yalgan jun matolarning funksional xossalari, jumladan antibakterial samaradorligi va rang barqarorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda jun tolalarni tabiiy bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yash jarayonida mavjud bo‘lgan asosiy ilmiy muammo – an’anaviy xurushlash so‘ngra bo‘yash usullarida past samaradorlik, ekologik xavf va rang mustahkamligining etarli darajada emasligi aniqlandi. Tadqiqotning asosiy maqsadi sifatida jun tolalarni metall ionlari yordamida funksionallashtirib, ularni Indigo bilan bo‘yash orqali barqaror va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiya ishlab chiqish lozimligi belgilandi. Bo‘yalgan namunalar spektrofotometrik tahlil orqali rang intensivligi bo‘yicha, baholandi. Metall ionlari ishtirokida bo‘yalgan jun matolar an’anaviy usullarga nisbatan yuqori rang barqarorligi va funksional xossalarga ega ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar Indigofera Tinctoria L. o‘simligi va Cu^{2+} / Zn^{2+} metall ionlari ishtirokida bo‘yalgan jun matolari ikki bakteriya Staphylococcus aureus ATCC 25923 shtampiga qarshi barqaror ravishda yuqori samaradorlik namoyon etganini ko‘rsatdi. Bakteritsid xossalarga ega bo‘lgan ushbu matolarni smart matolar ishlab chiqarishda qo‘llash maqsadga muvofiq deb hisoblanadi. Jumladan, maxsus ish kiyimlari jumladan, ko‘ylaklar tayyorlashda, shuningdek, himoya shlemlari ichida qo‘llaniladigan astarlik material sifatida ishlab chiqarishga tavsiya etiladi. Bundan tashqari, ushbu materiallar terida yuzaga keladigan shilingan yaralarda infeksiya rivojlanishining oldini olish maqsadida, ayniqsa Staphylococcus aureus kabi bakteriyalar ta’sirini cheklash uchun tibbiy bog‘lamalar ishlab chiqarishda qo‘llash ham maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Vigneshwaran, N., Kumar, S., Kathe, A.A., Varadarajan, P.V. and Prasad, V. (2006) Functional Finishing of Cotton Fabrics Using Zinc Oxide-Soluble Starch Nanocomposites. Nanotechnology, 17, 5087-5095. http://dx.doi.org/10.1088/0957-4484/17/20/008
2. S. Rafiei, Enhanced Antibacterial and Sustainable Wool Textiles Using Plant-Derived Indigo Dyes and Silver Nanoparticles // Progress in Color Colorants Coating., 17 Nov. 2025, 207-230
3. Cooksey CJ. The worldwide history of indigo dye and its uses in textiles. Chem Soc Rev. 2021; 50(12):6791-813 https://doi.org/10.1039/D1CS00 247 A.
4. Nagia F Ali, Eman M El-Khatib and Fatma A Bassyouni // Improving the dyeability and the anti microbial activity of wool fabrics pretreated with natural products and dyed with turmeric natural dye using nanochitosan // Tianjin Daxue Xuebao (Ziran Kexue yu Gongcheng Jishu Ban)/ Journal of Tianjin University Science and Technology ISSN (Online): 0493-2137 E-Publication: Online Open Access Vol:54 Issue:12:2021 DOI 10.17605/OSF.IO/T7UWE
5. Wang, A.,Liu, F.,Xia, L.,Zhang, C.,Zhou, S.,Fu, Z.,Wang, Y.,Xu, W. Solvent assisted dyeing of wool fibers with reactive dyes in a ternary solvent system for protecting fibers against damage //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. Volume 103, 25 2021, Pages 329-339.
6. Safapour S., Sadeghi-Kiakhani M.. Chitosan-cyanuric chloride hybrid as an efficient novel bio-mordant for improvement of cochineal natural dye absorption on wool yarns / Volume 10, Issue 1, 2 January 2019, Pages 81-88
7. F.Eser, M.Tutak, A.Onal, B.Meral. Dyeing of wool and cotton fabrics with leaves of apple (Malus domestica) tree // J. Natur. Fibers [[Электронный ресурс]]. - 2016. - 13, № 3. - С. 289-298.
8. Amirova N.S. Possibility of silk coloring by natural dyes // Vienna «European Science review», 2016 г., No 9. – Volume. 173-176.

9. Belukhina, O.; Milasiene, D.; Ivanauskas, R. Investigation of the Possibilities of Wool Fiber Surface Modification with Copper Selenide. Materials 2021, 14, 1648.
10. Vigneshwaran N, Kumar S, Kathe AA, Varadarajan PV, Prasad V. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide-soluble starch nanocomposites. Nanotechnology. 2007;17(20):5087-95 https://doi.org/ 10. 1088/0957-4484/17/20/008.
11. Restori, R.; Schwarzenbach, D. Charge Density in Cuprite, Cu_2O. Acta Crystallogr. Sect. B Struct. Sci. 1986, 42, 201–208.
12. Nabiyeva I.A, Islamova Z.Sh., Matkarimova D.B., Abdumajidov A.A. // Properties of wool fiber, and environmental problems and solutions of its finishing // E3S Web of Conferences 538, 04006 (2024) – P. 1-13.
13. Shahidi, S.; Moazzenchi, B. The Influence of Dyeing on the Adsorption of Silver and Copper Particles as Antibacterial Agents on to Cotton Fabrics. J. Nat. Fibers 2018, 16, 677–687.
14. Montazer M, Keshvari H, Ramezani AA. Anti-microbial hospital textiles: a comprehensive review of silver-based treatments and clinical efficacy. J Hosp Infect. 2023;134:78-89. https://doi.org/10.1016/j.jhin. 2023.03.010.
15. Montazer M, Pakdel E. Reducing photoyellowing of wool using nano silver. Photochem Photobiol. 2010; 86(2):255-260. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2009. 00672.x.
16. Ibrahim NA, Amr A, Eid BM, Abdel-Aziz MS, Elmaaty TA. Functionalization of linen/cotton blend fabrics using synthesized silver nanoparticles for antimicrobial applications. Text Res J. 2016;86(18):1930-41. https://doi.org/10.1177/00405 175 15622152.
17. Chen M, Liu X, Fang D, Zhou S, Kumar V, Singh R, Thompson KL. Synergistic antibacterial effects of plant dye-silver nanostructures: a comprehensive study of natural indigo systems. Carbohydr Polym. 2023; 312:120803. https://doi.org/10.1016/j.carbpol. 2022.120803
18. Marambio-Jones C, Hoek EMV. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. J Nanopart Res. 2010;12(5):1531-51 https://doi.org/10.1007/s11051-010-9900-y.
19. Roe D, Karandikar B, Bonn-Savage N, Gibbins B, Rittschof D. Toward a silver bullet: the development of a controlled-release silver-ion antimicrobial. Antimicrob Agents Chemother. 2008;52(11):4058-60. https://doi.org/10.1128/AAC.00632-08.
20. Instructions for use.Compyuter color matching system operation and maintennce manual. Korea industrial technology ODA. 2012. P.79.
21. M. Yusuf, M. Shahid, Sh. Ahmad Khan, M. Ibrahim Khan, Sh. Islam, F. Mohammad. Eco-Dyeing of Wool Using Aqueous Extract of the Roots of Indian Madder (*Rubia cordifolia)* as Natural Dye. Journal of Natural Fibers. Volume 10, 2013 - Issue 1. Pages 14-28
22. Nabiyeva I.A, Islamova, Z.Sh, Matkarimova, D.B, Abdumajidov, A.A. Application of biotechnology in the process of mothproof finishing of wool. AIP Conferences Proceedings (2025). 3304. 040018.
23. Monier, M.; Ayad, D.M.; Sarhan, A.A. Adsorption of Cu(II), Hg(II), and Ni(II) Ions by Modified Natural Wool Chelating Fibers. J. Hazard. Mater. 2010, 176, 348–355.
24. Remigijus Ivanauskas, Ingrida Ancutiene, Daiva Milašiene, Algimantas Ivanauskas, Asta Bronušiene // Effect of Reducing Agent on Characteristics and Antibacterial Activity of Copper-Containing Particles in Textile Materials // Materials 2022, 15, 7623. https://doi.org/10.3390/ma15217623
25. Li Y, Wang Y, Zhang W, Gao Y, Liu Y. Silver ion-releasing wound dressings with enhanced antibacterial and anti-biofilm efficacy. J Mater Chem B. 2020; 8(26):5655-66. https://doi.org/10.1039/ D0TB00732A.
26. Sweygers, N.; Depuydt, D.E.C.; Eyley, S.; Thielemans, W.; Mosleh, Y.; Ivens, J.; Dewil, R.; Appels, L.; Van Vuure, A.W. Prediction of the Equilibrium Moisture Content Based on the Chemical Composition and Crystallinity of Natural Fibres. Ind. Crop. Prod. **2022**, 186, 115187.
27. Zhang, L.; Li, X.; Zhang, S.; Gao, Q.; Lu, Q.; Peng, R.; Xu, P.; Shang, H.; Yuan, Y.; Zou, H. Micro-FTIR Combined with Curve Fitting Method to Study Cellulose Crystallinity of

Developing Cotton Fibers. Anal. Bioanal. Chem. **2021**, 413, 1313–1320. 28. Belukhina, O.; Milasiene, D.; Ivanauskas, R. Investigation of the Possibilities ofWool Fiber Surface Modification with Copper Selenide. Materials **2021**, 14, 1648.
29. Gubała, D.; Harniman, R.; Eloi, J.C.; Wa˛sik, P.; Wermeille, D.; Sun, L.; Robles, E.; Chen, M.; Briscoe, W.H. Multiscale Characterisation of Single Synthetic Fibres: Surface Morphology and Nanomechanical Properties. J. Colloid Interface Sci. **2020**, 571, 398–411.
30. Belukhina, O.; Milasiene, D.; Ivanauskas, R. Investigation of the Possibilities ofWool Fiber Surface Modification with Copper Selenide. Materials **2021**, 14, 1648.
31. Gubała, D.; Harniman, R.; Eloi, J.C.; Wa˛sik, P.; Wermeille, D.; Sun, L.; Robles, E.; Chen, M.; Briscoe, W.H. Multiscale Characterisation of Single Synthetic Fibres: Surface Morphology and Nanomechanical Properties. J. Colloid Interface Sci. Waseda, Y.;
32. 32. Matsubara, E.; Shinoda, K. X-ray Diffraction Crystallography; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011.

UDK 676.03:677.21.08.001

RANGLI TOLALI CHIQINDILARNI OKSIDLOVCHI VA QAYTARUVCHI REAGENTLAR YORDAMIDA RANGSIZLANTIRISH-OQARTIRISH JARAYONLARI

I.A.Nabiyeva[1], A.A.Abdumajidov[1], B.J.Xolturayev[2], A.A.Sarimsaqov[2], Sh.A.Yo‘ldashov[2], B.S.Karabayeva[2], S.R.Raxmonova[2], M.Mirxolisov[2], Z.I.Tashiyeva[2]

[1]Tashkent Institute of Textile and Light Industry

[2]Institute of Polymer Chemistry and Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Annotatsiya. *Ushbu maqolada to‘q rangli aktiv bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yalgan paxta mato chiqindilarini ikkilamchi tolali xomashyoga aylantirish uchun natriy gipoxlorit (NaClO) va natriy gidrosulfit ($NaHSO_3$) asosidagi rangsizlantirish-oqartirish jarayonlari o‘rganildi. Reagent konsentratsiyasi va ishlov haroratining material oqligi hamda sellyulozaning polimerlanish darajasiga ta’siri baholandi. Oqlik darajasi spektrofotometrik, polimerlanish darajasi viskozimetrik, kimyoviy va strukturaviy o‘zgarishlar esa IQ-spektroskopik usullarda aniqlandi. NaClO bilan ishlov berilgan namunada oqlik darajasi 71% ga yetgan bo‘lsada, polimerlanish darajasi 850 gacha kamaydi. $NaHSO_3$ asosidagi ishlovda mazkur ko‘rsatkichlar mos ravishda 63% va 1360 ni tashkil etdi. Oksidlovchi ishlovda oqlikning 8 foiz punktga yuqori bo‘lishi qaytaruvchi ishlovga nisbatan polimerlanish darajasining 37,5% ga past bo‘lishi bilan bordi. Qaytarilgan bo‘yovchi moddalarning tolaga qayta sorblanishini cheklash uchun ikkinchi suyultirilgan qaytaruvchi ishlov qo‘llanildi. Eritmaning suyultirish darajasiga qarab oqligi 68-75% va polimerlanish darajasi 970-1130 oralig‘idagi xomashyolar olindi. IQ-spektrlar sellyulozaning asosiy kimyoviy strukturasi saqlanganini tasdiqladi. Kristallik indeksi dastlabki namunada 0,84, qaytaruvchi ta’siridagi ishlovdan keyin 0,81 va oksidlovchi ta’siridagi ishlovdan keyin 0,73 qiymatda bo‘lib, qaytaruvchi asosidagi tizim materialning yetarli oqligini ta’minlash bilan birga sellyulozaning polimer tuzilishini oksidlovchi asosidagi tizimga nisbatan samaraliroq saqlashi aniqlandi. Natijalar asosida rangsizlantirish-oqartirish, uch bosqichli yuvish, quritish, quruq maydalash va yanchishdan iborat texnologik ketma-ketlik taklif etildi. Ushbu yondashuv rangli paxta chiqindilarini xossalari talabga ko‘ra boshqariladigan ikkilamchi tolali xomashyoga aylantirish imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *paxta mato chiqindilari, rangsizlantirish-oqartirish, natriy gipoxlorit, natriy gidrosulfit, oqlik darajasi va polimerlanish darajasi.*

Аннотация. *В статье исследованы процессы обесцвечивания-отбеливания отходов хлопчатобумажных тканей, окрашенных активными красителями в тёмные цвета, с*

применением систем на основе гипохлорита натрия (NaClO) и гидросульфита натрия ($NaHSO_3$) с целью их переработки во вторичное волокнистое сырьё. Оценено влияние концентрации реагентов и температуры обработки на степень белизны материала и степень полимеризации целлюлозы. Степень белизны определяли спектрофотометрическим методом, степень полимеризации - вискозиметрическим методом, а химические и структурные изменения исследовали методом ИК-спектроскопии. После обработки NaClO степень белизны образца достигла 71%, однако степень полимеризации снизилась до 850. При обработке $NaHSO_3$ указанные показатели составили 63% и 1360 соответственно. Повышение степени белизны при окислительной обработке на 8 процентных пунктов сопровождалось снижением степени полимеризации на 37,5% по сравнению с восстановительной обработкой. Для ограничения повторной сорбции восстановленных красителей волокном была проведена повторная обработка разбавленным раствором восстановителя. В зависимости от степени разбавления раствора были получены волокнистые материалы со степенью белизны 68-75% и степенью полимеризации 970-1130. ИК-спектроскопический анализ подтвердил сохранение основной химической структуры целлюлозы. Индекс кристалличности исходного образца составил 0,84, после восстановительной обработки - 0,81, а после окислительной обработки - 0,73. Установлено, что восстановительная система наряду с обеспечением достаточной белизны материала способствует более эффективному сохранению полимерной структуры целлюлозы по сравнению с окислительной системой. На основании полученных результатов предложена технологическая последовательность, включающая обесцвечивание-отбеливание, трёхступенчатую промывку, сушку, сухое измельчение и размол. Предложенный подход позволяет перерабатывать окрашенные хлопчатобумажные отходы во вторичное волокнистое сырьё с регулируемыми свойствами.

Ключевые слова: *отходы хлопчатобумажных тканей, обесцвечивание-отбеливание, гипохлорит натрия, гидросульфит натрия, степень белизны и степень полимеризации.*

Abstract. *This study investigates the decolorization and bleaching of dark-colored cotton fabric waste dyed with reactive dyes using sodium hypochlorite (NaClO) and sodium bisulfite ($NaHSO_3$) based systems for its conversion into secondary fibrous raw material. The effects of reagent concentration and treatment temperature on material whiteness and the degree of polymerization of cellulose were evaluated. Whiteness was determined spectrophotometrically, the degree of polymerization was measured by the viscometric method, and chemical and structural changes were examined using Fourier-transform infrared spectroscopy. The whiteness of the NaClO-treated sample reached 71%. however, its degree of polymerization decreased to 850. For the $NaHSO_3$-treated sample, the corresponding values were 63% and 1360, respectively. The 8-percentage-point increase in whiteness achieved by oxidative treatment was accompanied by a 37.5% lower degree of polymerization than that obtained through reductive treatment. To limit the re-adsorption of reduced dye compounds onto the fibers, a second treatment with a diluted reducing solution was applied. Depending on the dilution ratio, fibrous materials with whiteness values of 68-75% and degrees of polymerization ranging from 970 to 1130 were obtained. FTIR analysis confirmed that the main chemical structure of cellulose was preserved. The crystallinity index was 0.84 for the untreated sample, 0.81 after reductive treatment, and 0.73 after oxidative treatment. The reductive system provided adequate material whiteness while preserving the polymeric structure of cellulose more effectively than the oxidative system. Based on the results, a technological sequence comprising decolorization and bleaching, three-stage washing, drying, dry grinding, and milling was proposed. This approach enables the conversion of colored cotton waste into secondary fibrous raw material with controllable properties.*

Keywords: *cotton fabric waste, decolorization and bleaching, sodium hypochlorite, sodium bisulfite, whiteness and degree of polymerization.*

Kirish. So‘nggi yillarda jahon aholisi sonining ko‘payishi va buning natijasida iste’mol hajmining kengayishi to‘qimachilik mahsulotlari ishlab chiqarish sur’atlarini oshirib, chiqindilar miqdorining keskin ortishiga sabab bo‘lmoqda. Olimlarning [1] hisob-kitoblarga ko‘ra, dunyoda bir yil davomida 184 mlrd funtdan ortiq, ya’ni qariyb 83,5 mln tonna to‘qimachilik chiqindisi hosil bo‘ladi. Shuningdek, har yili taxminan 400 mlrd AQSh dollari qiymatidagi kiyim-kechak mahsulotlari foydalanish siklidan chiqarilib, iqtisodiy resurs sifatida yo‘qotiladi [2]. To‘qimachilik chiqindilarining maishiy chiqindilar tarkibidagi ulushi hududlarga qarab sezilarli darajada farqlanib, mazkur ko‘rsatkich Yangi Zelandiyada 7%, AQShda 4,95%, Pekinda 1,3% va Butanda charm mahsulotlarini ham qo‘shib hisoblaganda 4,7% ni tashkil etgan [3]. AQShda esa 2007-yilning o‘zida 11,9 mln tonna to‘qimachilik chiqindisi hosil bo‘lgan va bu maishiy chiqindilar umumiy massasining 4,7% iga teng hisoblanadi. Shunga qaramay, to‘qimachilik sanoati tolali chiqindilarining atigi 15,9% i qayta tiklanib, qolgan qismi esa: 54% chiqindi poligonlariga yuborilgan, 13% yoqilgan, 33% samoatning turli maqsadlarida qayta ishlatilgan [4].

To‘qimachilik chiqindilarini poligonlarda saqlash tuproq va suv resurslarining ifloslanishiga olib keladi, ularni yoqish natijasida esa atmosferaga issiqxona gazlari (karbonat angidrid (CO_2), metan (CH_4), azot(I) oksidi (N_2O) va ftorlangan gazlar) va boshqa zararli moddalar ajraladi [5]. Shu bois foydalanishdan chiqqan to‘qimachilik mahsulotlarini oddiy chiqindi sifatida yo‘q qilish o‘rniga, ularni ikkilamchi xomashyo yoki qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish uchun qayta ishlash muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday yondashuv tabiiy resurslar sarfini va atrof-muhitga tushadigan yuklamani kamaytirish bilan birga sirkulyar iqtisodiyotga o‘tishni jadallashtiradi [6]. Iste’moldan keyingi to‘qimachilik chiqindilariga asosan, foydalanish muddati tugagan kiyim-kechaklar va uy-ro‘zg‘or buyumlari kiradi. Ularni qayta ishlash imkoniyati yuqori bo‘lsada, ushbu jarayonda ularning tarkibidagi turli xil tolalar, pardozlashda ishlatilgan bo‘yoqlar va yordamchi moddalarning bitta mahsulot tarkibida birgalikda uchrashi, chiqindilarni saralash hamda alohida yig‘ish jarayonlarini tashkil etishni, hamda qayta ishlash jarayonlarida turli xil texnologiyalarni qo‘llashni talab etadi. Hozirgi vaqtda paxta asosidagi to‘qimachilik chiqindilarini qayta ishlashda mexanik, kimyoviy va biologik usullardan foydalaniladi. Mexanik qayta ishlash jarayonida materialning kimyoviy tarkibi o‘zgartirilmasdan, chiqindi matolar titish orqali alohida tolalarga ajratiladi. Olingan tolalar sof holda yoki birlamchi tolalar bilan aralashtirilib, ip, mato, noto‘qima va kompozitsion materiallar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi [7]. Mazkur usul oq yoki och rangli chiqindilar uchun nisbatan samarali hisoblanib, bunday tolalarni turli sohalarda xomashyo sifatida qo‘llash yoki turli ranglarga qayta bo‘yash imkoniyati mavjud. To‘q rangli chiqindilarda esa dastlabki rang saqlanib qolishi, turli rangdagi tolalar aralashganda bir xil bo‘lmagan tus hosil bo‘lishi va ulardan ishlab chiqariladigan mahsulotlar assortimenti cheklanganligi sababli mexanik qayta ishlash imkoniyati kamayadi. Shu bois to‘q rangli paxta chiqindilarini tolalashdan oldin rangsizlantirish va oqartirish ularning keyingi qo‘llanish doirasini kengaytiruvchi muhim tayyorlov bosqich hisoblanadi [8]. Kimyoviy qayta ishlash paxta sellyulozasini eritish, gidrolizlash yoki depolimerlash orqali yangi kimyoviy mahsulotlar olish imkonini beradi. Paxta tarkibida sellyuloza miqdorining 95% gacha yetishi uni kimyoviy qayta ishlash uchun qimmatli ikkilamchi xomashyoga aylantiradi [9]. Biroq chiqindi materialdan qayta tiklangan tola sifatida foydalanish ko‘zda tutilganda, sellyulozani to‘liq eritish yoki depolimerlash emas, balki uning tolali tuzilishini saqlagan holda bo‘yovchi modda xromoforlarini parchalash muhim hisoblanadi. Shuning uchun rangsizlantirish-oqartirish jarayonida rang intensivligini kamaytirish bilan bir qatorda, sellyulozaning polimerlanish darajasi, tola mustahkamligi va keyingi mexanik tolalanish xususiyatlarini imkon qadar saqlab qolish talab etiladi. Kimyoviy reagentlar konsentratsiyasi, jarayon harorati, davomiyligi va muhit pH qiymatining me’yordan ortishi bo‘yovchi moddalar bilan birga sellyulozaning ham destruksiyalanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli kimyoviy rangsizlantirish jarayonining samaradorligi faqat oqlik darajasi bilan emas, balki ishlovdan keyingi tolaning fizik-mexanik xossalari bilan birgalikda baholanishi lozim. Biologik va biokimyoviy qayta ishlash jarayonida mikroorganizmlar yoki fermentlardan

foydalanib, paxta chiqindilaridagi bo‘yovchi moddalar va yordamchi kimyoviy birikmalarni parchalash tushuniladi [10,11]. Fermentativ ishlovlar odatda yumshoq harorat va pH sharoitlarida amalga oshirilgani sababli sellyulozaning chuqur destruksiyalanishini kamaytirishi hamda kimyoviy reagentlar sarfini qisqartirishi mumkin. Biroq aktiv bo‘yovchi moddalar bilan to‘q rangga bo‘yalgan paxta materiallarida bo‘yoq va sellyuloza o‘rtasida mustahkam kovalent bog‘ mavjudligi biologik rangsizlantirish samaradorligini cheklaydi. Bundan tashqari, fermentlarning bo‘yoq tuzilishiga nisbatan selektivligi, jarayonning uzoq davom etishi va sanoat miqyosida barqaror natija olishdagi qiyinchiliklar ushbu usulning sanoatda mustaqil qo‘llanilishiga to‘sqinlik qiladi. Qolaversa, ferment preparatlarini ishlab chiqarish, ajratib olish va tozalash jarayonlarining murakkabligi ularning tannarxini oshiradi, ularning fermentativ faolligini saqlab qolish uchun esa past harorat sharoitida saqlash talab etilishi, logistika hamda saqlash xarajatlarining yanada ortishiga sabab bo‘ladi. Shu bilan birga, to‘qimachilik chiqindilarini samarali boshqarish va qayta ishlashga to‘sqinlik qiluvchi qator muammolar mavjud bo‘lib, xususan, turli mamlakatlarda chiqindilarni yig‘ish, tasniflash va qayta ishlashga qo‘yiladigan talablarning bir xil emasligi yagona samarali boshqaruv tizimini shakllantirishni qiyinlashtiradi. Bundan tashqari, chiqindilarning tolaviy tarkibi, mato tuzilishi, bo‘yovchi moddalar va pardozlash reagentlarining bir xil emasligi saralash jarayonini murakkablashtiradi hamda olinadigan ikkilamchi xomashyo sifatining o‘zgaruvchan bo‘lishiga olib keladi [12]. To‘q rangli paxta mato chiqindilarini qayta ishlashdagi asosiy muammolardan biri ularning dastlabki rangini yo‘qotish bilan bir vaqtda sellyuloza makromolekulyar tuzilishini saqlab qolishdir. Mazkur muammo, ayniqsa, aktiv bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yalgan materiallarda murakkab kechadi, ya’ni aktiv bo‘yovchi modda ta’sirida bo‘yash jarayonida bo‘yovchi modda sellyuloza bilan kovalent bog‘ hosil qilganligi sababli, uni issiq suvda yuvish yoki yuzaki kimyoviy ishlov orqali to‘liq chiqarib yuborish qiyin. Shu sababli rangsizlantirish jarayonida bo‘yovchi moddaning rang hosil qiluvchi xromofor tizimini parchalash yoki optik faolligi past holatga o‘tkazish talab etiladi. Biroq qo‘llaniladigan kimyoviy reagent bo‘yovchi moddaga ta’sir qilish bilan birga sellyuloza makromolekulalarining destruksiyalanishiga ham sabab bo‘lishi mumkin. Bigambo va boshqalar aktiv bo‘yalgan paxta materiallariga kislotali muhitda natriy ditionit va vodorod peroksid bilan ishlov berish natijasi reagentning kimyoviy tabiatidagi o‘zgarishlarni ko‘rsatishgan [13].

Oksidlovchi ta’sirida rangsizlantirish jarayonida vodorod peroksid bo‘yovchi modda tarkibidagi xromofor guruhlarni oksidlab, rang intensivligini kamaytiradi va materialning oqlik darajasini oshiradi. Biroq reagent konsentratsiyasi, jarayon harorati, davomiyligi va muhit pH qiymatining ortishi oksidlanish jarayonining selektivligini pasaytirishi mumkin. Bunday sharoitda faol oksidlovchi zarrachalar bo‘yovchi modda bilan cheklanmasdan, sellyulozaning glyukozid bog‘lari va gidroksil guruhlariga ham ta’sir qiladi va natijada sellyuloza zanjirlari qisqarib, uning polimerlanish darajasi pasayadi. Qaytaruvchi ta’sirida rangsizlantirishda kimyoviy reagent bo‘yovchi modda xromoforini qaytarilgan, optik yutilishi past shaklga o‘tkazadi. Mazkur reagent odatda sellyulozaga oksidlovchi moddalarga nisbatan yumshoqroq ta’sir ko‘rsatadi va uning polimerlanish darajasini yaxshiroq saqlash imkonini beradi. Biroq xromoforning qaytarilgan shakli matodan to‘liq chiqarilmasa, havo kislorodi ta’sirida qayta oksidlanib, dastlabki rangning qisman tiklanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli, rangsizlanish darajasining yuqori bo‘lishi materialning yuqori va barqaror oqlikka ega bo‘lishini anglatmaydi. Rangsizlantirish samaradorligiga reagent turidan tashqari bo‘yovchi moddaning kimyoviy tuzilishi ham ta’sir qiladi. Olimlar turli xromofor va aktiv guruhlarga ega bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yalgan paxta materiallarini o‘rganib, qaytaruvchi reagent asosan xromofor tizimni qaytarishini, o‘yuvchi ishqor esa bo‘yovchi modda bilan sellyuloza o‘rtasidagi kovalent bog‘larning gidrolizlanishiga yordam berishini aniqlagan [14]. Shuning uchun bir xil kimyoviy ishlov turli aktiv bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yalgan paxta materiallarida oqlik va sellyuloza destruksiyasi bo‘yicha turlicha natija berishi mumkin. Adabiyotlarda keltirilgan natijalar rangsizlantirish jarayonida material oqligining oshishi va sellyuloza polimerlanish darajasining saqlanishi o‘rtasidagi nisbat reagentning kimyoviy tabiatiga, bo‘yovchi modda tuzilishiga hamda ishlov parametrlariga bog‘liqligini ko‘rsatadi [15]. Shu sababli muayyan material uchun tavsiya etilgan rangsizlantirish rejimini

boshqa rang intensivligi va bo‘yovchi modda tarkibiga ega paxta chiqindilariga bevosita tatbiq etish har doim ham bir xil natijani ta’minlamaydi. Shundan kelib chiqib, tadqiqot obyekti sifatida tanlangan to‘q rangli reaktiv bo‘yalgan paxta mato chiqindisi uchun oksidlovchi va qaytaruvchi ishlovlarning oqlik darajasi hamda sellyuloza polimerlanish darajasiga ta’sirini alohida baholash zarur.

Ushbu tadqiqotning maqsadi to‘q rangli aktiv bo‘yovchi modda bilan bo‘yalgan paxta mato chiqindilariga natriy gipoxlorit (NaClO) asosidagi oksidlovchi va natriy ditionit ($Na_2S_2O_4$) asosidagi qaytaruvchi tizimlarda ishlov berib, ularning rangsizlantirish-oqartirish samaradorligini oqlik darajasi va sellyulozaning polimerlanish darajasi asosida qiyosiy baholashdan iborat. Tadqiqot natijalari asosida material oqligining oshishini ta’minlash bilan birga sellyuloza depolimerlanishini imkon qadar cheklaydigan maqbul ishlov turini aniqlash ko‘zda tutilgan.

Uslubiy qism. Qaytaruvchi ta’sirida rangsizlantirish-oqartirish jarayoni.

Suyuqlik moduli 1:20 bo‘lgan ishqoriy (pH=9) ishchi eritma tayyorlanib, unga natriy gidrosulfit ($NaHSO_3$) qo‘shildi. Paxta asosidagi sidirg‘a bo‘yalgan tolali chiqindi ishchi eritmaga joylashtirilib, harorat 80-90 °C gacha ko‘tarildi va davriy aralashtirish sharoitida 30-60 daqiqa davomida rangsizlantirish-oqartirish ishlovi berildi. Ishlovdan so‘ng namuna eritmadan ajratilib, 40 ± 2 °C haroratdagi distillangan suvda 10 daqiqa yuvildi. Keyin namuna muhiti sirka kislotasi (CH_3COOH) yordamida pH 6,5-7,0 gacha neytrallandi va distillangan suvda qayta yuvildi. Namuna sentrifugada suvsizlantirilib, 100 ± 2 °C haroratda doimiy massagacha quritildi.

Oksidlovchi ta’sirida rangsizlantirish-oqartirish jarayoni.

Suyuqlik moduli 1:20 bo‘lgan natriy gipoxloritli (NaClO) ishchi eritma tayyorlanib, uning muhiti o‘yuvchi ishqor yordamida pH 10-11 ko‘rsatkichga keltirildi. Paxta asosidagi sidirg‘a bo‘yalgan tolali chiqindi ishchi eritmaga joylashtirilib, 50-60 °C haroratda davriy aralashtirish sharoitida 60-120 daqiqa davomida rangsizlantirish-oqartirish ishlovi olib borildi. Ishlovdan so‘ng namuna eritmadan ajratilib, 40 ± 2 °C haroratdagi distillangan suvda 10 daqiqa yuvildi. Namuna avval tarkibidagi qoldiq faol xlorni antixlorlash uchun natriy tiosulfat eritmasida, so‘ngra sirka kislotasi (CH_3COOH) bilan pH 6,5-7,0 gacha neytrallandi. Namuna distillangan suvda qayta yuvilib, sentrifugada suvsizlantirildi va 100 ± 2 °C haroratda doimiy massagacha quritildi.

Polimerlanish darajasini aniqlash.

Rangsizlantirish-oqartirish jarayonidan oldin va keyin olingan paxta tolali namunalarning polimerlanish darajasi viskozimetrik usulda aniqlandi. Buning uchun quritilgan namuna 0,0002 g aniqlikda tortilib, 30 g mis bilan birgalikda polietilen idishga joylashtirildi. Idish mis-ammiakli eritma bilan to‘ldirilib, 20 ± 0,2 °C haroratda sellyulozaning to‘liq erishi uchun aralashtiruvchi qurilmaga qo‘yildi. Aralashtirish jarayoni 60-90 daqiqa davom ettirildi. Sellyulozaning to‘liq eriganligi yorug‘likda vizual nazorat qilindi. Hosil bo‘lgan sellyuloza eritmasi 20 ± 0,2 °C haroratdagi termostatda 10 daqiqa davomida ushlab turildi. Shundan so‘ng eritma viskozimetrga o‘tkazilib, eritmaning belgilangan chiziqlar orasidan oqib o‘tish vaqti t_1 sekundomer yordamida aniqlandi. Xuddi shu tartibda erituvchining oqib o‘tish vaqti t_0 ham o‘lchandi. Olingan natijalar asosida nisbiy qovushqoqlik quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

$$\eta_y = \frac{t_1}{t_0} - 1$$

So‘ngra namunalarning polimerlanish darajasi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$P = \frac{2000 \times \eta_y}{c \times (1 + 0{,}29 \times \eta_y)}$$

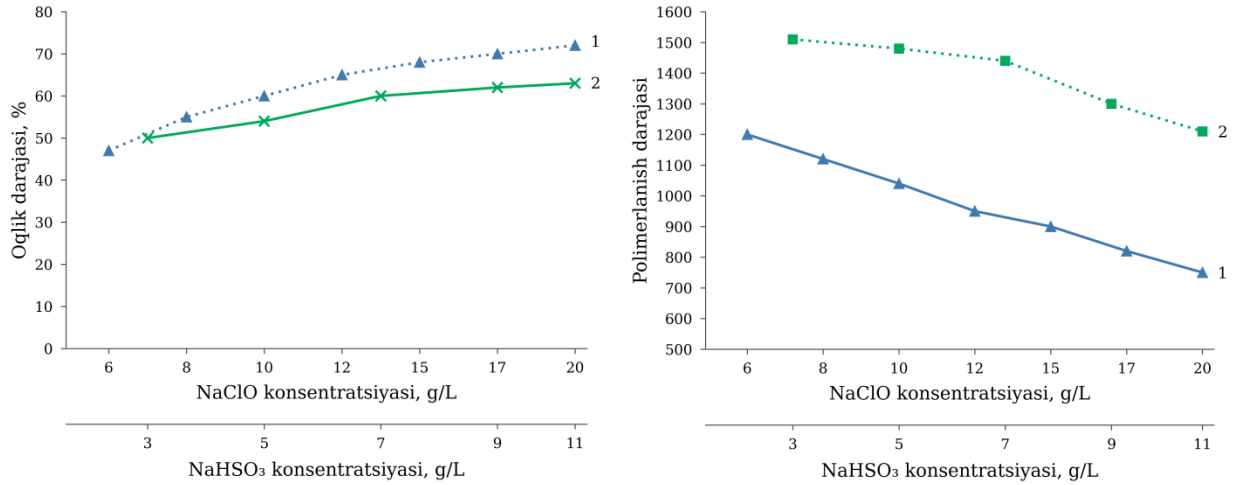
bu yerda:

c - eritmaning konsentratsiyasi, g/l.

Namunalarning oqlik darajasini aniqlash.

Namunalarning oqlik darajasi “Minolta” (Yaponiya) spektrofotometrida aniqlandi [16]. O‘lchashdan oldin asbob qora va oq etalonlar bo‘yicha kalibrlanadi. Namunalar WHITEN rejimida o‘lchanib, oqlik darajasi to‘rtta standart bo‘yicha son va grafik ko‘rinishda qayd etiladi.

Tajribaviy izlanishlar va natijalar tahlili. To‘qimachilik mahsulotlarini rangsizlantirishda shunga e'tibor berish lozimki, aktiv bo‘yovchi moddalar tola bilan kovalent bog‘lanish orqali birikkanligi sababli rang mustahkamligi yuqori bo‘ladi. Rangning yuvishga mustahkamligi uni oddiy usulda toladan chiqarish imkonini bermaydi. Aktiv bo‘yovchi modda bilan bo‘yalgan rang ishqor va kislota ta'siriga bardoshli ammo oksidlovchi va qaytaruvchilar ta'sirida parchalanishini inobatga olgan holda qora rangdagi mato chiqindilarini natriy gipoxlorit va natriy gidrosulfit yordamida rangsizlantirish imkoniyatlari o‘rganildi. Rangsizlantirilgan mato chiqindilarini qayta ishlov berish jarayonidan so‘ng ishlatilish sohasi bo‘yicha ularning asosiy sifat ko‘rsatkichlari sifatida ishlov berish jarayonidan keyingi oqlik va polimerlanish darajalari qabul qilindi. Olib borilgan tadqiqotlarda natriy gipoxlorit va natriy gidrosulfit konsentratsiyalari, jarayon muhiti, davomiyligi va haroratini qayta ishlov berilgan ikkilamchi xom ashyoning sifat ko‘rsatkichlariga, jumladan oqlik va polimerlanish darajalariga ta'siri o‘rganildi.



a **b**

1-rasm. Oksidlovchi va qaytaruvchi reagentlar konsentratsiyasining tolali chiqindilarni rangsizlantirish-oqartirish samaradorligi va sellyulozaning polimerlanish darajasiga ta’siri: a – oqlik darajasi; b – polimerlanish darajasi; 1 – oksidlovchi - NaClO; 2 – qaytaruvchi - $NaHSO_3$.
Izoh: T = 70 °C, τ = 20 min

Tadqiqotlarda natriy gipoxlorit bilan sellyuloza tolali materiallarga ishlov berish chog‘ida bo‘yovchi moddaning xromofor sistemasi va sellyuloza bo‘lmagan moddalarning oksidlanishi asosiy reaksiya hisoblanadi. Shu bilan birga oksidlovchilar ta'sirida sellyuloza makromolekulasidagi birlamchi va ikkilamchi gidroksillar oksidlanib aldegid, keton va karboksil guruhlar hosil bo‘lishi natijasida sellyulozaning polimerlanish darajasi kamayib turli tarkibdagi mahsulotlar hosil bo‘ladi [17]. Rangli tolali chiqindilarga natriy gipoxlorit bilan ishlov berish jarayonida sellyulozaning polimerlanish darajasi min 700 qiymatga ega bo‘lgan. Natriy gipoxlorit suvda erib quyidagicha dissotsiyalanadi:

$$NaOCl \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OCl^-$$

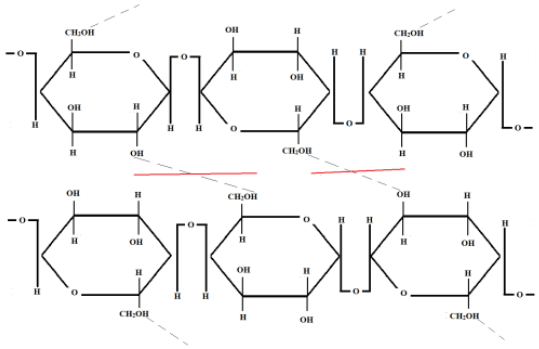
Gipoxlorit ion suvli muhitda gidrolizlanib xlornovatistaya kislota hosil qiladi:

$$OCl^- + H_2O \rightleftharpoons \mathrm{HOCL} + OH^-$$

Bu kislota pH=5-10 bo‘lgan muhitda xlornovatistaya kislota quyidagi sxema bo‘yicha parchalanadi.:

$$HOCL + 2ClO^- \rightarrow 2Cl^- + H^+$$
$$HOCl + ClO^- \rightarrow 2Cl^- \rightarrow O_2 + 2Cl^- + H^-$$

Jarayon davomida ajralib chiqqan kislorod sellyuloza zvenosidagi birlamchi gidroksil guruhlarga ta'sir etib, makromolekulalardagi o‘zaro vodorod bog‘larni uzilishiga olib keladi. Bunda sellyulozaning amorf qismi va reaksion qobiliyati ortadi.



2-rasm. Natriy gipoxlorit bilan rangsizlantirish-oqartirish jarayonida sellyuloza makromolekulalarining oksidlanish va destruksiya mexanizmi

Keltirilgan 1- va 2-rasmlarda natriy gipoxlorit bilan rangsizlantirish jarayoni olib borilganda sellyulozaning polimerlanish darajasining kamaygani jarayon davomida hosil bo‘ladigan gipoxlorit kislotaning parchalanishida hosil bo‘ladigan kislorodning sellyuloza zvenolaridagi ikkilamchi gidroksillarga ham ta’sir etganligi bilan bog‘liqdir, bunda piran halqasining buzilishi hisobiga sellyuloza makromolekulalari orasidagi glyukozid bog‘lar bo‘shashadi va qisman uziladi.

Natriy gipoxloritning ishlov berish eritmasidagi konsentratsiyasining 15 g/l dan ortishi sellyulozaning qog‘oz hosil qilish qobiliyatini yo‘qotadi, ya’ni bunda sellyulozaning polimerlanish darajasi 700 dan kam qiymatga ega bo‘lmoqda. Shuningdek, natriy gipoxloritning ishlov berish eritmasidagi konsentratsiyasi 15 g/l bo‘lganida tolali chiqindilarning oqlik darajasi muvozanatga yetganligini ko‘rishimiz mumkin. Tajriba natijalari tolali chiqindilarning polimerlanish darajasi qaytaruvchi ta’sirida to uning konsentratsiyasi eritmada 7 g/l bo‘lgunga qadar deyarli o‘zgarmaganligini ko‘rsatdi. Konsentratsiyaning ortib borishida sellyulozaning polimerlanish darajasi kamaysada, lekin natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan namunalarnikiga nisbatan qariyb 1,5 marotaba yuqori qiymatga ega bo‘lgan. Ammo qaytaruvchilar bilan qayta ishlov berilgan tolali chiqindilarning oqlik darajasi natriy gipoxlorit bilan ishlov berilganga nisbatan 10% past qiymatga egadir. Olib borilgan tadqiqotlar tolali chiqindilarni rangsizlantirish jarayonida oksidlovchi va qaytaruvchining bo‘yovchi modda xromofor sistemasiga va sellyulozaga turlicha ta’sir etganliklarini ko‘rsatdi. Rangsizlantiruvchi reagentning maqbul variantini aniqlash maqsadida keyingi tadqiqotlarda qayta ishlash jarayoni haroratining olinadigan mahsulotning sifat ko‘rsatkichlariga bo‘lgan ta’siri o‘rganildi.

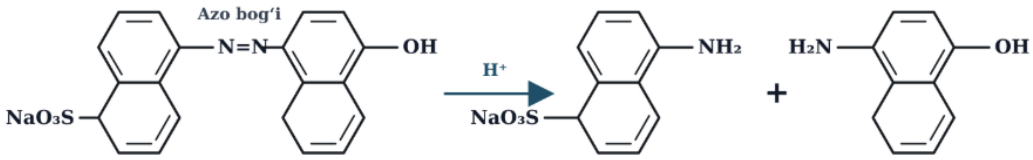
1-jadval

Tolali chiqindilar oqlik va polimerlanish darajalarining ishlov berish haroratiga bog‘liqligi

Harorat, ^{0}C	Oksidlovchi		Qaytaruvchi	
	Oqlik darajasi, %	Polimerlanish darajasi	Oqlik darajasi, %	Polimerlanish darajasi
50	63	930	54	1530
60	68	900	57	1500
70	71	850	60	1450
80	72	790	63	1360
90	72	770	65	1270

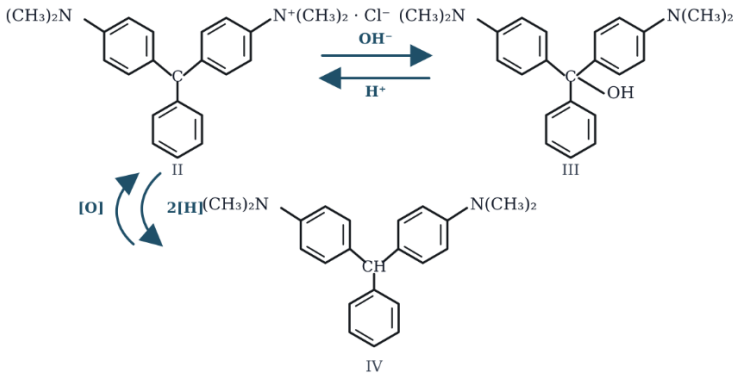
To‘qimachilik tolalarining rangli chiqindilarini rangsizlantirish jarayonini oksidlovchi ishtirokida olib borganda 70ºC, qaytaruvchilar bilan esa 80ºC haroratda olib borilganda qiyqimarning oqlik darajasi 71-63% ni tashkil etmoqda. Ishqoriy muhitda yuqori haroratda

bo‘yovchi modda xromofor sistemasining buzilishi, shuningdek azoguruhlarning toki aminokislotagacha parchalanishi hisobiga bo‘yovchi modda toladan chiqariladi. Rangli tolali materialga qaytaruvchi bilan ishlov berilganda bo‘yovchi moddaning parchalanishi asosan azo guruh hisobiga boradi, bunda qaytaruvchilar ta'sirida bo‘yovchi modda xromofor sistemasida azoguruhlar parchalanadi va kichik fraksiyalar rangsiz birikmalarga aylanadi. Azoguruhning destruksiyasi bo‘yicha bo‘yovchi moddaning parchalanishida har doim xam kichik fraksiyalar toladan yuvilib chiqib ketmaydi (olovrang monoazo bo‘yovchi modda).



3-rasm. Qaytaruvchi ta’sirida azo bo‘yovchi modda xromofor tizimidagi azo bog‘ining uzilish sxemasi

Ma'lumki oksidlovchilar dastlab sellyuloza tolasining yuzasida joylashgan funksional guruhlarga ta'sir etadi, so‘ng asta sekin tola ichiga kirib boradi. Oksidlovchi ta'sirida bo‘yovchi modda xromofor sistemasida uglerod-uglerod bog‘larni uzilishi hisobiga rangsiz birikmalar hosil bo‘lib tolali material tarkibidan chiqib ketadi [18].



4-rasm. Qaytarilgan bo‘yovchi moddaning oksidlanishi va xromofor tizimining qayta tiklanish sxemasi

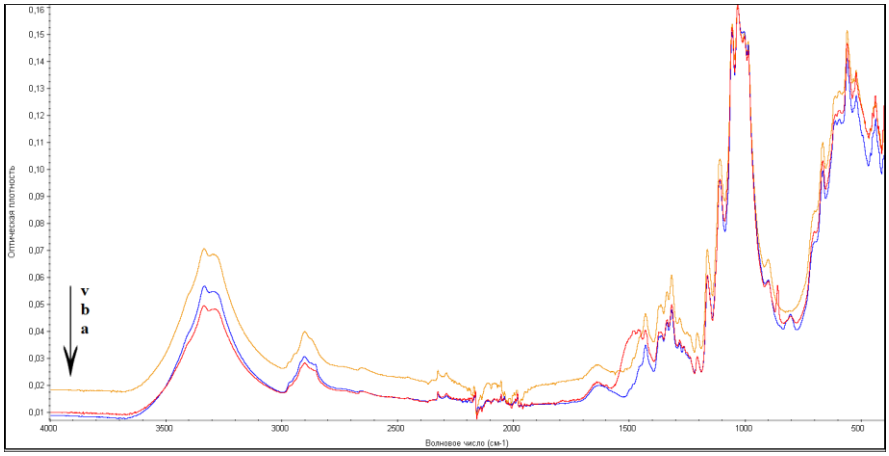
Qaytarilgan bo‘yovchi moddaning oksidlanishi oksidlovchining azoguruhdagi N-atomidagi ikkita elektronni o‘ziga biriktirib olishi orqali kechadi, bunda markaziy uglerod atomidan protonni chiqib ketishi natijasida hosil bo‘lgan rangsiz birikma bo‘yovchi modda kationiga aylanadi [19]. Birinchi ishlov berilgach, qo‘shbog‘larning qayta tiklanmasligi uchun tolali materiallarni yuvish jarayonidan oldin eritmada tiklangan rangli moddalarni tolaga qayta sorblanmasligi uchun ularga yana bir bor suyultirilgan qaytaruvchi eritmasida ishlov berildi. Bunda qaytaruvchi ta'sirida eritmaga o‘tgan va qo‘shbog‘lari tiklangan rangli moddalar tolaga sorblanmay rangsiz holatga o‘tadi va toladan yuvib chiqariladi. Bu maqsadda qaytaruvchi eritmasini necha marta suyultirish kerakligi bo‘yicha olib borilgan tajriba natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Tolali chiqindilarga ikkinchi bor qaytaruvchi eritmasida ishlov berish shartining tolali material sifatiga ta'siri

Suyultirish tartibi (г/л)	Oqlik darajasi, %	Polimerlanish darajasi
2 marta (3,5)	75	970
5 marta (1,4)	73	1020
10 marta (0,7)	71	1100
15 marta (0,4)	68	1130

Tadqiqotlarda rangsizlantirilgan materiallarning oqlik darajasini kamayib borishi qaytaruvchi eritmasini suyultirish darajasi bo‘yicha uning eritmadagi konsentratsiyasini kamayganligi bilan bog‘liqdir. Bunday sharoitda olingan mahsulotning polimerlanish darajasi yuqori qiymatlarga ega bo‘lgan. Rangsizlantirilgan-oqartirilgan rangli tolali chiqindilarni ishlatilish sohasiga mos ravishda uning oqlik darajasi va polimerlanish darajasi bo‘yicha ishlov berish sharoitini tanlash mumkin. Tanlangan ishlov berish sharoitlarining tolali material kimyoviy tuzilishiga va sellyuloza funksional guruhlariga ta’sirini baholash maqsadida dastlabki hamda rangsizlantirilgan-oqartirilgan namunalar infraqizil (IQ) spektroskopiya usulida tahlil qilindi (5-rasm). Keltirilgan IQ-spektrlardagi 1635 sm^{-1} yutilish chizig‘i sellyuloza molekulalariga adsorbsiyalangan suv molekulalarini ifodalaydi. 1500-900 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari glikozid bog‘lari, glyukopiranoza halqasi, gidroksil (O-H), uglerod-vodorod (C-H) va uglerod-kislorod (C-O) bog‘larining turli tebranishlariga taalluqlidir. Piranoza halqasining tebranishlari va gidroksil guruhlarining deformatsion tebranishlari 860-400 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlarida namoyon bo‘lgan. 3700-3100 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari gidroksil guruhlarining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, molekulalararo hamda ichki molekulyar vodorod bog‘lanishlarini ifodalaydi.



5-rasm. Namunalarning IQ-spektrlari:
a - ishlov berilmagan tolali chiqindilar; b - natriy gidrosulfit bilan ishlov berilgan namuna; v - natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan namuna

Glyukozid zvenolarining kislorod ko‘priklari va o‘zaro vodorod bog‘lanishlari orqali birikishi nisbatan barqaror supramolekulyar tuzilmaning shakllanishiga olib keladi. Bu, o‘z navbatida, barqaror kristall ustqurilmani vujudga keltiradi va bunday konfiguratsiya IQ-spektrda keng yutilish sohasi ko‘rinishida namoyon bo‘ladi. 3700-3100 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari gidroksil guruhlarining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, ular molekulalararo va ichki molekulyar vodorod bog‘lanishlarini ifodalaydi. Keltirilgan IQ-spektrlardan natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan namunalarda ma’lum darajada destruksiya jarayoni sodir bo‘lganini ko‘rish mumkin. 5-rasmda keltirilgan ma’lumotlar natriy gidrosulfit bilan ishlov berilgan namunalarga (3332,99 sm^{-1}) nisbatan natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan namunalarda (3328,68 sm^{-1}) ichki molekulyar vodorod bog‘lanishlari birmuncha kuchsizroq namoyon bo‘lganini ko‘rsatadi, ya’ni bu mahsulotlardagi vodorod bog‘lanishlarining maksimumlari kichik to‘lqin sonlari tomon siljigan. Barcha namunalarning IQ-spektrlarida asosiy yutilish chiziqlarining bir-biriga mos kelishi ularning kimyoviy tarkibida sezilarli o‘zgarish yuz bermaganini bildiradi. Ishlov berilmagan hamda turli reagentlar ta’sirida rangsizlantirish-oqartirish jarayonlaridan o‘tgan namunalarning supramolekulyar tuzilishida o‘zgarish sodir bo‘lgan yoki bo‘lmaganini baholash maqsadida ularning kristallik indekslari IQ-spektrlaridan foydalanilgan holda hisoblandi. Kristallik indeksini hisoblashda 1360 sm^{-1} dagi C-H guruhlarining deformatsion tebranishlariga

tegishli yutilish chizig‘i optik zichligining 2898 sm^{-1} dagi C-H guruhlarining valent tebranishlariga tegishli yutilish chizig‘i optik zichligiga nisbati (D_{1360}/D_{2898}) qo‘llanildi. Shuningdek, 2800-3800 sm^{-1} sohadagi spektr chizig‘ining shakli asosida olingan sellyuloza namunalarining simmetriya indeksi aniqlandi. Turli reagentlar ta’sirida ishlov berilgan namunalardagi gidroksil guruhlari valent tebranishlarining simmetriya indeksi hamda sellyulozaning kristallik indeksi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Namunalardagi gidroksil guruhlar yutilish chizig‘ining simmetriya indeksi va sellyulozaning kristallik indeksi

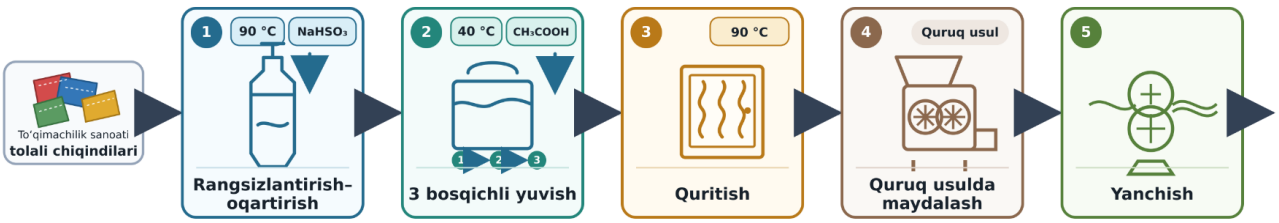
Namunalar	Simmetrik indeksi	Kristallik indeksi
Ishlov berilmagan	0,76	0,84
Natriy gidrosulfit bilan ishlov berilgan	0,74	0,81
Natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan	0,70	0,73

Keltirilgan natijalar natriy gipoxlorit bilan ishlov berilgan namunalarda kristallik indeksini natriy gidrosulfit bilan ishlov berilgan namunadagidan kichik qiymatga ega ekanligi ishlov berish jarayonida sellyuloza makromolekulasida ma'lum o‘zgarishlar borganligidan dalolat beradi. Ya'ni bunda sellyulza makromolekulasining umumiy strukturaviy tartibi oksidlovchi ta'sirida qaytaruvchiga nisbatan 10% ga ko‘proq buzilgan (6-rasm).



6-rasm. Sellyuloza makromolekulasining ustqurilmasining sxematik ko‘rinishi

Kristallik indeksi bo‘yicha sellyuloza ustqurilmasidagi o‘zgarishlarni faqat sifatiy baholash mumkin, absolyut kristallanish darajasini ifodalamaydi. Shu sababli keyingi izlanishlar namunalarning rentgenostrukturaviy tahlillari bo‘yicha olib borildi. Turli tabiatli rangsizlantiruvchi agentlar bilan ishlov berilgan sellyuloza tolali namunalarning 3-jadvalda keltirilgan simmetrik indeksi bo‘yicha olingan natijalari natriy sellyuloza tolali namunalarga gipoxlorit bilan ishlov berilganda qaytaruvchi bilan rangsizlantirilgandagiga nisbatan ichkimolekulyar vodorod bog‘lanishlarni molekulalararo vodorod bog‘lanishlarga nisbatan kuchliroq namoyon bo‘lganligini ko‘rsatmoqda. Namunalarning simmetrik indeksi namunalarning IQ-spektridagi O-H–gurux yutilish maydonining chap va o‘ng tomonlari nisbati orqali aniqlangan [20]. Tajriba natijalari bo‘yicha qora rangli tolali chiqindilarni rangsizlantirish-oqartirish texnologiyasi quyidagicha taklif etiladi.



7-rasm. To‘qimachilik sanoati tolali chiqindilarini rangsizlantirish texnologik sxemasi
1-rangsizlantirish-oqartirish; 2- 3 bosqichli yuvish; 3-quritish; 4-quruq usulda maydalash; 5-yanchish

olali materiallarni kimyoviy pardozlashda to‘qimachilik va tikuvchilik korxonalarida hosil bo‘ladigan chiqindilar nafaqat qora holatda, balki turli boshqa ranglarda ham bo‘lishi mumkin. Tajriba natijalarida oksidlovchilar bilan ishlov berishda tolali materialning chuqur destruksiyaga uchrashini inobatga olgan holda, turli ranglarga bo‘yalgan tolali chiqindilarni rangsizlantirishda natriy gidrosulfitdan foydalanildi.

Xulosa. Tadqiqotda to‘q rangli aktiv bo‘yovchi moddalar bilan bo‘yalgan paxta mato chiqindilarini natriy gipoxlorit (NaClO) va natriy gidrosulfit ($NaHSO_3$) yordamida rangsizlantirish-oqartirish jarayonlari o‘rganildi. Oksidlovchi va qaytaruvchi reagentlarning material oqlik darajasi, sellyulozaning polimerlanish darajasi hamda strukturaviy tartiblanganligiga ta’siri qiyosiy baholandi. Tadqiqotlarda NaClO asosidagi oksidlovchi ta’siridagi ishlov materialning oqlik darajasini 71% gacha oshirgan bo‘lsada, sellyulozaning polimerlanish darajasi 850 gacha pasaygan. $NaHSO_3$ asosidagi qaytaruvchi ishlovda oqlik darajasi 63% ni, polimerlanish darajasi esa 1360 ni tashkil etgan. Bu ma’lumotlardan, oksidlovchi tizimda oqlikning 8 foiz punktga yuqori bo‘lishi qaytaruvchi ishlovga nisbatan polimerlanish darajasining 37,5% ga past bo‘lishi bilan borganini ko‘rishimiz mumkin. Bu holat NaClO ta’sirida bo‘yovchi modda xromoforlarining parchalanishi bilan bir vaqtda sellyuloza makromolekulalarining sezilarli depolimerlanishi sodir bo‘lganini ko‘rsatadi. $NaHSO_3$ asosidagi ishlov esa nisbatan pastroq oqlikni ta’minlaganiga qaramay, sellyulozaning polimer tuzilishiga katta ta’sir ko‘rsatmagan. Shu sababli qaytaruvchi tizim rangsizlantirish samaradorligi va ikkilamchi tolali materialning strukturaviy xossalarini saqlash o‘rtasida maqbul muvozanatni ta’minlovchi usul sifatida baholandi. Qaytarilgan bo‘yovchi moddalarning tolaga qayta sorblanishini cheklash maqsadida materialga ikkinchi marta suyultirilgan $NaHSO_3$ eritmasi bilan ishlov berildi. Qaytaruvchi eritmaning suyultirish darajasiga qarab oqlik ko‘rsatkichlari 68-75%, polimerlanish darajasi esa 970-1130 oralig‘ida bo‘lgan xomashyolar olindi. Bu natija rangsizlantirilgan materialning keyingi ishlatilish sohasiga muvofiq ravishda uning oqligi va polimerlanish darajasini boshqarish imkonini beradi.

IQ-spektroskopik tahlillar kimyoviy ishlovlardan keyin namunalarda sellyulozaning asosiy kimyoviy strukturasi saqlanganini, biroq reagent tabiatiga bog‘liq holda uning molekulalararo bog‘lanishlari va strukturaviy tartiblanganligida o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatdi. Kristallik indeksi ishlov berilmagan namunada 0,84, $NaHSO_3$ bilan ishlov berilgan namunada 0,81 va NaClO ta’sirida 0,73 ni tashkil etib, qaytaruvchi ishlov sellyulozaning strukturaviy tartibini oksidlovchi ishlovga nisbatan samaraliroq saqlashini tasdiqladi. Olingan natijalar asosida rangsizlantirish-oqartirish, uch bosqichli yuvish, quritish, quruq maydalash va yanchishdan iborat texnologik ketma-ketlik ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari rangli paxta mato chiqindilarini sifat ko‘rsatkichlari boshqariladigan ikkilamchi tolali xomashyoga aylantirish texnologiyasini takomillashtirish hamda keyingi ilmiy-amaliy ishlarni olib borish uchun tayanch bo‘lib xizmat qiladi.

Reference

1. DeVoy, J. E., Congiusta, E., Lundberg, D. J., Findeisen, S., & Bhattacharya, S. (2021). Post-Consumer textile waste and disposal: Differences by socioeconomic, demographic, and retail factors. *Waste Management*, *136*, 303–309. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.009
2. Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *The Science of the Total Environment*, *718*, 137317. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317
3. Altun Ş. Prediction of Textile Waste Profile and Recycling Opportunities in Turkey. Fibres Text. East. Eur. 2012, 20, 16–20.
4. Wang Y. Fiber and Textile Waste Utilization. Waste Biomass Valorization 2010, 1 (1), 135–143. 10.1007/s12649-009-9005-y
5. Zhou, Q., Van Le, Q., Meng, L., Yang, H., Gu, H., Yang, Y., Chen, X., Lam, S. S., Sonne, C., & Peng, W. (2022). Environmental perspectives of textile waste, environmental pollution and

recycling. *Environmental Technology Reviews*, *11*(1), 62–71. https://doi.org/10.1080/21622515.2021.2017000
6. Mishra P. K.; Izrayeel A. M. D.; Mahur B. K.; Ahuja A.; Rastogi V. K. A comprehensive review on textile waste valorization techniques and their applications. Environmental Science and Pollution Research 2022, 29 (44), 65962–65977. 10.1007/s11356-022-22222-6.
7. Lu, L., Fan, W., Meng, X., Xue, L., Ge, S., Wang, C., Foong, S. Y., Tan, C. S., Sonne, C., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., & Lam, S. S. (2022). Current recycling strategies and high-value utilization of waste cotton. *The Science of the Total Environment*, *856*(Pt 1), 158798. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158798
8. Li, R., Yang, J., Zhang, G., & Zhu, P. (2022). Decolorization of dark-colored waste cotton fabric using redox decoloring agents. *RSC Advances*, *12*, 17689–17700. https://doi.org/10.1039/D2RA02071H
9. Xiong, R., Zhang, X., Tian, D., Zhou, Z., & Lu, C. (2012). Comparing microcrystalline with spherical nanocrystalline cellulose from waste cotton fabrics. *Cellulose*, *19*(4), 1189–1198. https://doi.org/10.1007/s10570-012-9730-4
10. Bhatti, H., Hanif, M., Qasim, M., & Ataurrehman. (2008). Biodiesel production from waste tallow. *Fuel*, *87*(13–14), 2961–2966. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.04.016
11. Nigam, P. S., & Singh, A. (2010). Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science*, *37*(1), 52–68. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2010.01.003
12. Chand, S., Chand, S., Chand, S., Chand, S., & Raula, B. (2023). Textile and apparel industries waste and its sustainable management approaches. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *25*(6), 3132–3143. https://doi.org/10.1007/s10163-023-01761-1
13. Chand, S., Chand, S., Chand, S., Chand, S., & Raula, B. (2023). Textile and apparel industries waste and its sustainable management approaches. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *25*(6), 3132–3143. https://doi.org/10.1007/s10163-023-01761-1
14. Chakrabortty, A. (2020). Impact of front and back roller shore hardness on the quality of cotton carded yarn in ring spinning frame. *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, *5*(5). https://doi.org/10.31031/tteft.2020.05.000625
15. Tang, K. H. D. (2023). State of the Art in Textile Waste Management: A review. *Textiles*, *3*(4), 454–467. https://doi.org/10.3390/textiles3040027
16. Ergashev K.E., Abdukarimova M.Z., Nabiyeva I.A. Metodicheskoye ukazaniye po polzovaniyu kompyuternoy sistemoy podborki (podgonki) tsveta. – T.: TITLP, 2003. – 41 s.
17. Abdumajidov A.A., Irmatova M.B., Miratayev A.A., Nabiyeva I.A. Possibilities of Efficient Recycling of Textile-Sewing Fiber Waste and Application in the Flower Printing Process. // International Journal on Integrated Education. –Volume 5. –Issue 10 | –Oct -2022. –p. 68-75.
18. Nadupalli S., Dasireddy V.D., Koorbanally N.A., Jonnalagadda S.B. Kinetics and Mechanism of the Oxidation of Coomassie Brilliant Blue-R Dye by Hypochlorite and Role of Acid Therein. // S. Afr. J. Chem. –2015, 68. –p. 85–92.
19. Perevalov V.P., Zheltov A.Ya. Khimiya i tekhnologiya organicheskikh krasiteley, tsvetnost soyedineniy. // Uchebnoye posobiye. 2-ye izd., ispr. i dop. Ser. 76: Vyssheye obrazovaniye. God izdaniya: 2020. Mesto izdaniya: Moskva. ISBN: 978-5-534-05067-7. – 348 s.
20. Kostochko A.V., Shipina O.T., Valishina Z.T., Garayeva M.R., Aleksandrov A.A. Polucheniye i issledovaniye svoystv tsellyulozy iz travyanistykh rasteniy. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2010. – No. 9. – S. 267–275.

UDK 676.034:666.3

СВОЙСТВА БУМАГИ НА ОСНОВЕ МАКУЛАТУРЫ И БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

Х.А. Бабаханова, Н.Х. Атаханова, Н.Х. Турсунбоева, Н.Ж. Садриддинова
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Аннотация. *В данной работе проведено комплексное исследование влияния содержания базальтовых волокон и алкилкетендимера (АКД) на физико-механические и сорбционные свойства бумаги, полученной на основе макулатурного сырья. Актуальность исследования обусловлена необходимостью расширения сырьевой базы бумажной промышленности за счёт использования вторичных ресурсов и минеральных волокон, а также повышением эксплуатационных характеристик бумажных материалов. Установлено, что увеличение доли базальтовых волокон до 50 % приводит к значительному снижению механической прочности бумаги вследствие ослабления межволоконных связей, уменьшения доли целлюлозных контактов и повышения жёсткости структуры. Одновременно наблюдается увеличение сорбционной способности, обусловленное ростом пористости и развитием капиллярной структуры материала. Экспериментально доказано, что оптимальное содержание базальтовых волокон составляет 30 %, при котором достигается рациональный баланс между прочностными и впитывающими характеристиками. Введение АКД в количестве 2–4 % способствует гидрофобизации бумаги, улучшает её прочностные показатели, снижает водопоглощение и стабилизирует структуру. На основании полученных результатов предложен оптимальный состав бумажной массы (30 % базальтовых волокон и 4 % АКД), обеспечивающий улучшенные эксплуатационные свойства и рекомендованный для применения в технологиях контактной печати без увлажнения.*

Ключевые слова: *бумажная масса, базальтовые волокна, алкилкетендимер, механическая прочность, гидрофобизация, водопоглощение*

Annotatsiya. *Ushbu ilmiy ishda makulatura asosida tayyorlangan qog‘oz tarkibida bazalt tolalari va alkilketendimer (AKD) miqdorining qog‘ozning fizik-mexanik hamda sorbsiya xossalariga ta’siri kompleks ravishda o‘rganildi. Tadqiqotning dolzarbligi qog‘oz sanoatida ikkilamchi xomashyo resurslaridan samarali foydalanish, shuningdek, mineral tolalar yordamida material xossalarini yaxshilash zarurati bilan belgilanadi. Tajribalar natijasida aniqlandiki, bazalt tolalari ulushining 50 % gacha oshirilishi qog‘ozning mexanik mustahkamligini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu holat tolalararo bog‘lanishlarning zaiflashuvi, sellyuloza tolalari kontaktlarining kamayishi hamda material strukturasining qattiqlashuvi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, qog‘ozning g‘ovakligi ortib, uning suvni yutish va sorbsiya qobiliyati oshadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bazalt tolalarining optimal miqdori 30 % ni tashkil etadi, bunda mustahkamlik va sorbsiya xossalari o‘rtasida muvozanat ta’minlanadi. Tarkibga 2–4 % AKD qo‘shilishi qog‘ozni gidrofoblaydi, uning mexanik xossalarini yaxshilaydi, suv yutuvchanligini kamaytiradi hamda strukturasini barqarorlashtiradi. Olingan natijalar asosida 30 % bazalt tolasi va 4 % AKD dan iborat optimal kompozitsiya taklif etildi va u namlashsiz kontakt bosma texnologiyalarida qo‘llash uchun tavsiya qilindi.*

Kalit so‘zlar: *qog‘oz massasi, bazalt tolalari, alkilketendimer, mexanik mustahkamlik, gidrofoblash, suv yutuvchanlik*

Abstract. *This study presents a comprehensive investigation of the effect of basalt fiber content and alkyl ketene dimer (AKD) on the physical-mechanical and sorption properties of paper produced from recycled waste paper. The relevance of this research lies in the efficient utilization of secondary raw materials and the incorporation of mineral fibers to enhance paper performance. The results demonstrate that increasing the basalt fiber content up to 50% leads to a significant*

reduction in mechanical strength due to the weakening of inter-fiber bonding, reduced cellulose fiber interactions, and increased structural rigidity. At the same time, the porosity of the material increases, resulting in enhanced water absorption and sorption capacity. It was experimentally determined that an optimal basalt fiber content of 30% provides a balanced combination of strength and sorption characteristics. The addition of 2–4% AKD ensures effective hydrophobization, improves mechanical strength, reduces water absorption, and stabilizes the fiber structure. Based on the obtained results, an optimal composition consisting of 30% basalt fibers and 4% AKD is proposed. This composition is recommended for use in contact printing technologies without dampening, where controlled moisture interaction and high structural stability are required.

Keywords: *paper pulp, basalt fibers, alkyl ketene dimer, mechanical strength, hydrophobization, water absorption*

Введение. В условиях современного развития промышленности и возрастающей потребности общества в бумажной продукции, широко используемой в упаковочной, полиграфической, санитарно-гигиенической и технической отраслях, наблюдается рост объемов ее производства и потребления. Это, в свою очередь, приводит к увеличению нагрузки на сырьевую базу, основу которой традиционно составляет первичное древесное сырьё. Дефицит первичного древесного сырья и необходимость рационального природопользования стимулируют поиск альтернативных решений, направленных на снижение зависимости бумажной промышленности от древесных ресурсов. Одним из перспективных направлений решения данных проблем является использование неорганических армирующих компонентов, в частности базальтовых волокон. Базальтовые волокна представляют собой материал, получаемый из расплава природного базальта, и характеризуются высокой механической прочностью, термостойкостью, химической инертностью и экологической безопасностью. Эти свойства делают их привлекательными для применения в различных отраслях промышленности, включая производство композиционных материалов [1-8]. Применение базальтовых волокон в бумажной промышленности позволяет целенаправленно модифицировать физико-механические и эксплуатационные свойства бумажной продукции. Введение базальтовых волокон в композицию бумажной массы способствует повышению прочности на разрыв, улучшению термостойкости и увеличению долговечности материалов. Это расширяет возможности создания специализированных видов бумаги, предназначенных для эксплуатации в условиях повышенных механических нагрузок и экстремальных температур [9-14].

В связи с этим актуальным является проведение дальнейших исследований, направленных на изучение влияния базальтовых волокон на структуру и эксплуатационные характеристики бумажных материалов с целью оптимизации их состава и технологических параметров производства. Целью работы является комплексная оценка влияния базальтовых волокон на структурные, физико-механические и сорбционные свойства бумаги с целью обоснования их применения в качестве сырья для бумажной промышленности и в качестве основного материала для технологий печати. В качестве объектов исследования использовались композиции макулатуры и базальтовых волокон в соотношениях 90:10, 70:30 и 50:50. Для гидрофобизации материала применялся алкилкетендиомер (АКД) в количестве 2–4 %.

Экспериментальное исследование. Для подготовки бумажной массы в исследовании использовались следующие компоненты: макулатура марки А (50–90% массы), базальтовое волокно, АКД (алкилкетендиомер, 2–4 %) в качестве агента для повышения прочности, а также наполнитель (мел, 2 %) для регулирования плотности и оптических свойств бумаги. Макулатура марки А характеризуется большим содержанием целлюлозы и относительно низким количеством примесей (чернила, краски, клеевых и полимерных включений), что снижает дефекты поверхности бумаги. Она обладает достаточной влажностью и пластичностью, обеспечивающими равномерное формирование

листов, а средняя длина волокон способствует формированию прочной сетчатой структуры при комбинировании с модифицирующими волокнами, такими как базальтовые. Использование макулатуры типа А обеспечивает стабильность физико-механических характеристик готовой продукции, включая плотность, прочность на разрыв и долговечность. Введение базальтового волокна, свойства которых представлены в табл.1, направлено на модификацию структуры и улучшение эксплуатационных характеристик бумажной продукции, включая прочность на разрыв и термостойкость. Подготовка бумажной массы осуществлялась по стандартной технологии, включающей механическое измельчение макулатуры, равномерное распределение базальтового волокна и добавление химических компонентов. Для обеспечения однородности бумажная масса тщательно перемешивалась и затем формовались листы методом машинного отлива.

Таблица № 1

Основные физико-механические характеристики базальтовых волокон

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Метод испытания
Теплопроводность, λ	Вт/м·оК	не более 0,038	ГОСТ 7076-99 п.7
Прочность на сжатие при 10% деформации	кПа	не менее 20	ГОСТ 17177-94 п.8
Прочность при растяжении перпендикулярно лицевым поверхностям	кПа	не менее 10	ГОСТ 17177-94 п.10.4
Содержание органических веществ	%	не более 4,0	ГОСТ 17177-94 п.11
Кратковременное водопоглощение при частичном погружении	кг/м^2	не более 1	ГОСТ 17177-94 п.8
Водопоглощение при частичном погружении образцом в течение заданного длительного времени	кг/м^2	не более 3	ГОСТ 17177-94 п.10.4
Горючесть	степень	НГ	ГОСТ 17177-94
Плотность	кг/м^2	82 -94	ГОСТ 17177-94 п.7

Технологический процесс получения бумаги включал несколько этапов (рис.1). Макулатура замачивалась в воде в течение 24 часов и превращалась в целлюлозную массу. Базальтовые волокна измельчались с использованием лабораторной дробилки типа Valley (рис.2, а) и разделялась на волокна длиной около 1,5 мм.

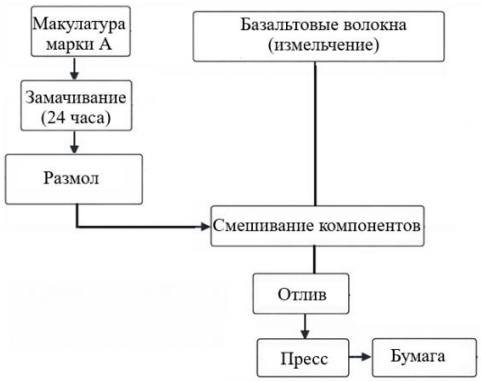


Рис. 1. Технологическая схема получения бумаги с добавлением базальтовых волокон

Степень измельчения волокон определялась методом Шоппера–Риглера на приборе марки Schopper Riegler Freeness Tester (рис.2, б) и достигала примерно 60 °ШR. Для выявления оптимального состава бумажной массы композиция макулатуры и базальтового волокна смешивалась в различных соотношениях (90:10; 70:30; 50:50) до получения

однородной массы. С целью определения степени влияния АКД на гидрофобизацию поверхности и снижение водопоглощения его соотношение варьировалость в пределах 2-4%. Бумажные листы диаметром 200 мм формовались на листоотливном оборудовании Rapid Köthen KWT (рис.2, с), после чего осуществлялись сушка и прессование. Масса полученных образцов составляла 80–90 г/м².



а) б) с)

а – дробилка марки Valley beater; б – прибор для определения степени помола марки Schopper Riegler Freeness Tester; с – листоотливное устройство Rapid Köthen KWT

Рис. 2. Приборы и устройство для формирования бумаги

Физико-механические свойства полученных образцов, включая прочность на разрыв и на изгиб, оценивались согласно стандартной методике. Для выявления влияния введения базальтовых волокон на печатные свойства дополнительно определялись показатели белизны и впитывающей способности по методу Кобб$_{30}$ бумаги, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица № 2

Свойства опытных образцов бумаги

Процентное соотношение макулатуры: базальтовое волокно	АКД%	Удлинение при разрыве, м	Прочность на разрыв, N	Кол-во сгибов	Белизна, %	Кобб$_{30}$, г/м²	Содержание золы, %
90:10	2	2550	34,2	5	74,2	50	15,5
70:30	2	2500	33,1	3	63,7	65	27,1
50:50	2	2400	29,7	3	65,2	83	28,9
90:10	4	2850	40,2	5	74,5	40	15,3
70:30	4	2700	37,5	2	64,4	55	28,2
50:50	4	2500	33,1	2	68,5	71	33,4

Результаты исследования показали (табл.2), что увеличение содержания базальтовых волокон приводит к снижению прочности материала с 2550 до 2400 (на ~5,9 %) и увеличению впитывающей способности с 50 до 83 г/м² (на ~66 %), что объясняется ухудшением межволоконных связей в структуре бумажного полотна. Базальтовые волокна, обладая более гладкой поверхностью и меньшей способностью к образованию водородных связей по сравнению с целлюлозными волокнами, снижают степень сцепления компонентов, что приводит к уменьшению прочности. Одновременно увеличение их доли способствует росту пористости структуры, что обуславливает повышение водопоглощения.

По данным исследований можно сказать, что наиболее оптимальным является добавление 30 % базальтовых волокон, поскольку механическая прочность при этом снижается незначительно — с 2550 до 2500 (на ~2 %), тогда как впитывающая способность увеличивается с 50 до 65 г/м² (на ~30 %). Данные изменения существенно ниже по сравнению с составом, содержащим 50 % базальтовых волокон.

Анализ влияния АКД показал, что при добавлении 4 % АКД и 30% базальтовых волокон механическая прочность увеличивается с 2500 до 2700 (на ~8 %), тогда как впитывающая способность снижается с 65 до 55 г/м² (на ~15 %), что объясняется гидрофобизирующим действием АКД. Проклеивающее вещество, равномерно распределяясь в структуре бумажного полотна, снижает смачиваемость волокон и ограничивает проникновение воды в поры материала. Одновременно это способствует укреплению межволоконных связей, что приводит к повышению механической прочности.

Отсюда следует, что оптимальным составом является композиция, содержащая 30 % базальтовых волокон и 4 % АКД, обеспечивающая повышение механической прочности (до ~8 %) при одновременном снижении впитывающей способности (до ~15 %). Такой состав позволяет достичь сбалансированного сочетания прочностных и гидрофобных свойств материала, что делает его наиболее эффективным с точки зрения эксплуатационных характеристик.

Выводы. Установлено, что увеличение содержания базальтовых волокон (50%) в композиции бумажной массы приводит к снижению механической прочности (до ~6 %) и росту впитывающей способности (до ~66 %), что обусловлено ослаблением межволоконных взаимодействий и увеличением пористости структуры материала.

Определено, что при содержании базальтовых волокон на уровне 30 % достигается наиболее рациональное соотношение прочностных и сорбционных характеристик: снижение механической прочности не превышает ~2 %, тогда как увеличение впитывающей способности составляет около ~30 %. Показано, что введение алкилкетендиомера (АКД) в количестве 2–4 % обеспечивает эффективную гидрофобизацию материала. При содержании 4 % АКД наблюдается повышение механической прочности (до ~8 %) и снижение впитывающей способности (до ~15 %), что связано с уменьшением смачиваемости волокон и ограничением проникновения влаги в поровую структуру. Таким образом, обоснован оптимальный состав бумажной массы, включающий 30 % базальтовых волокон и 4 % АКД, обеспечивающий улучшение эксплуатационных характеристик за счёт повышения прочности и снижения водопоглощения. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования разработанной композиции в технологиях печати без увлажнения.

Reference

1. Militký J., Kovačič V., Rubnerová J. Influence of basalt fibers on mechanical properties of composites // Engineering Mechanics. – 2002. – Vol. 9. – P. 123–130.

2. Fiore V., Scalici T., Di Bella G., Valenza A. A review on basalt fibre and its composites // Composites Part B: Engineering. – 2015. – Vol. 74. – P. 74–94.

3. Hubbe M. A., Ferrer A., Tyagi P. et al. Nanocellulose in thin films, coatings, and plies for packaging applications: A review // BioResources. – 2017. – Vol. 12(1). – P. 2143–2233.

4. Shen J., Song Z., Qian X. et al. Modification of paper properties by inorganic fibers // BioResources. – 2010. – Vol. 5(3). – P. 1358–1371.

5. Song S., Lyu Y., Zhang M. et al. Broadband sound absorption cellulose/basalt fiber composite paper with excellent thermal insulation and hydrophobic properties // Industrial Crops and Products. – 2024.

6. Multifunctional organic-inorganic basalt fiber/alginate fiber composite paper for flame retardancy and sound insulation // Composites Communications. – 2025.

7. Sustainable cellulose nanofibers/basalt nanoscales composite toward high-performance insulation paper // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025.

8. Babakhanova Kh.A., Atakhanova N.Kh., Sadriddinova N.Zh., Ravshanzoda D.Ch. Ispolzovanie otkhodov bazaltovykh volokon v bumazhnoy otrasli // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. – 2026. – № 1 (416). – S. 175–180.

9. Babakhanova Kh.A., Sadriddinova N.Zh., Atakhanova N.Kh., Tursunboeva N.Kh. Mikroskopicheskiy analiz kachestva tisneniya na bumage s dobavleniem bazaltovykh volokon // 1-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya TTU. – Dushanbe, 2026. – 5 marta.

10. Shraynner T., Grossmann Kh. i dr. Vliyanie sukhogo dispergirovaniya makulatury na svoystva mnogosloynogo kartona // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie. – 2020. – № 3. – S. 50–58.

11. Kozhevnikov S.Yu. Izmenenie kompleksa svoystv bumagi pri obrabotke ee poverkhnosti polimernymi kompozitsiyami: dis. … kand. tekhn. nauk. – Barnaul, 2016. – 158 s. – URL:

12. Lazarou M.J., Danalidou V., Karagiannidis A. et al. Improving recycled paper materials through the incorporation of hemp, wood virgin cellulose fibers, and nanofibers // Fibers. – 2022. – Vol. 10, № 12. – P. 101. – DOI: 10.3390/fib10120101

13. Maltseva A.Yu. Issledovanie vozmozhnosti rospuska gazetnoy makulatury polusukhim sposobom // Nauchnyy elektronnyy zhurnal «Neft. Gaz. Novatsii». – 2021. – № 3. – S. 1–7. –

14. Babakhanova Kh.A., Atakhanova N.Kh., Ravshanzoda D.Ch. Opredelenie vlazhnosti i zolnosti bumagi s dobavleniem bazaltovykh volokon // Barqaror rivojlanish sharoitida sanoat korxonalarining ekologik muhofazasi va mehnat xavfsizligini ta’minlash: tajriba, muammolar va istiqbollar: respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman materiallari. – Toshkent: TTYSI, 2026. – 24–25 mart.

QOG'OZ YUZASINING TEKSTURA XOSSALARI PARAMETRLARINI ANIQLASH

N.X. Tursunboyeva, Z.K. Galimova, N.H. Atakhanova
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotatsiya. *Ushbu ilmiy maqolada mahalliy xomashyolar asosida olingan kompozitsion qog‘oz namunalarining yuza g‘adir-budurlik xususiyatlari va ularning bosma sifatiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi qog‘oz yuzasining profilini aniqlash, g‘adir-budurlik parametrlarini baholash hamda ularni standart namunalarning ko‘rsatkichlari bilan taqqoslashdan iborat bo‘ldi. Tajriba jarayonida qog‘oz namunalarining profilogrammalari olinib, yuza notekisliklari tahlil qilindi. Olingan ma’lumotlar asosida Ra, Rz va Rq parametrlarining qiymatlari hisoblanib, ularning o‘rtacha ko‘rsatkichlari aniqlandi. Ma’lumki, qog‘ozning yuza holati bosma mahsulot sifatini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Qog‘oz yuzasiga chop etishda siyoh qatlami bosilgan materialning g'ovakligiga kirib, tasvir hosil qiladi. Yuzadagi g‘adir-budurlik qog‘oz qatlamida tolalarning notekis joylashishi natijasida yuzaga keladi va siyohning singishi, rastr elementlarining uzatilishi hamda tasvirning aniqligiga ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari eksperimental qog‘oz namunalari uchun aniqlangan g‘adir-budurlik parametrlarining ilmiy adabiyotlarda keltirilgan qiymatlarga yaqin ekanligini ko‘rsatdi. Shuningdek, qog‘oz massasining tarkibidagi o‘zgarishlar yuza g‘adir-budurligi parametrlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmaganligi aniqlandi. Olingan natijalar mahalliy xomashyolardan tayyorlangan kompozitsion qog‘ozlarning bosma jarayonlarida qo‘llash imkoniyatlarini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *kompozitsion qog‘oz, mahalliy xomashyo, yuza g‘adir-budurligi, profilogramma, Ra, Rz, Rq, bosma sifati, qog‘oz yuzasi.*

Аннотация. *В данной научной статье исследованы характеристики шероховатости поверхности композиционной бумаги, изготовленной из местного сырья, а также их влияние на качество печатной продукции. Основной целью исследования являлось определение профиля поверхности бумаги, оценка параметров шероховатости и их сравнение со стандартными образцами, имеющими известные значения шероховатости. В процессе эксперимента были получены профилограммы поверхности бумажных образцов и выполнен анализ неровностей поверхности. На основе полученных данных рассчитаны значения параметров шероховатости Ra, Rz и Rq и определены их средние показатели. Известно, что состояние поверхности бумаги является одним из важнейших факторов, определяющих качество печатного изображения. При нанесении печатной краски на поверхность бумаги красочный слой частично проникает в поры запечатываемого материала, обеспечивая формирование изображения. Шероховатость поверхности возникает вследствие неравномерного распределения волокон в структуре бумажного полотна и оказывает влияние на впитывание краски, передачу растровых элементов и четкость воспроизведения изображения. Результаты исследования показали, что значения параметров шероховатости экспериментальных образцов близки к данным, представленным в научной литературе. Кроме того, установлено, что изменение состава бумажной массы не оказывает существенного влияния на параметры шероховатости поверхности. Полученные результаты подтверждают перспективность использования композиционной бумаги из местного сырья в полиграфическом производстве и могут быть использованы при разработке новых видов бумажной продукции.*

Ключевые слова: *композиционная бумага, местное сырье, шероховатость поверхности, профилограмма, Ra, Rz, Rq, качество печати, поверхность бумаги.*

Abstract. *This scientific paper investigates the surface roughness characteristics of composite paper samples produced from locally available raw materials and evaluates their influence on print quality. The main objective of the study was to determine the surface profile of the paper, assess roughness parameters, and compare them with those of standard reference samples. During the experimental work, profilograms of the paper surfaces were obtained and analyzed to identify surface irregularities. Based on the collected data, the roughness parameters Ra, Rz, and Rq were calculated, and their average values were determined. Surface properties are among the most important factors affecting the quality of printed products. During printing, the ink layer penetrates into the pores of the substrate, contributing to image formation. Surface roughness is mainly caused by the uneven distribution of fibers within the paper structure and significantly influences ink absorption, halftone dot reproduction, and image sharpness. The results demonstrated that the roughness parameters measured for the experimental paper samples were close to the values reported in scientific literature. Furthermore, variations in the composition of the paper pulp did not significantly affect the surface roughness characteristics of the investigated samples. The obtained findings confirm the potential applicability of composite paper produced from local raw materials in printing processes and provide useful information for the development and optimization of new paper products with improved printing performance.*

Keywords: *composite paper, local raw materials, surface roughness, profilogram, Ra, Rz, Rq, print quality, paper surface.*

Bosma qog‘ozning mikrogeometriyasi turli shakl va o‘lchamdagi notekisliklardan iborat bo‘lib, ularning xususiyatlari qog‘oz (karton)ning axborot tashuvchi bilan kontakt jarayonidagi funksional vazifasini belgilashda muhim ahamiyatga ega. Qog‘oz (karton) yuzasidagi notekisliklar shartli ravishda statistik jihatdan notekis taqsimlangan mikro- va makronotekisliklar hamda sistematik notekisliklarga bo‘linadi. Bosma qog‘oz yuzasining notekisligi uning mikrogeometrik tuzilishini ifodalab, g‘adir-budurlik, qo‘pol notekislik va makroshakl og‘ishlarining yig‘indisidan tashkil topadi. Qo‘pol notekislik deganda yuza relyefini hosil qiluvchi, kichik qadamli

mikronotekisliklar majmui tushuniladi. Qog‘oz va karton yuzasining g‘adir-budurligi (sirt notekisligi) bosma jarayon texnologiyasini belgilaydi hamda qog‘ozning bosma axborotni buzilishlarsiz uzatish qobiliyatiga ta’sir ko‘rsatadi. Haddan tashqari g‘adir-budur qog‘ozda chop etish natijasida tasvir chetlarining notekis chiqishi, grafik aniqlikning pasayishi va ranglarni uzatish sifatining yomonlashuvi kabi noxush holatlar yuzaga kelishi mumkin. Bu holat qog‘oz yuzasidagi bo‘yoq qatlami qalinligi va uning taqsimlanishi haqidagi ma’lumotlarni o‘zida aks ettiruvchi optik zichlik qiymatlari bilan ham tasdiqlanadi [1].

Qog'oz yuzasi uning teksturaviy xususiyatlari, ya'ni g'ovakligi, g‘adir-budirlik va shimuvchanligi bilan belgilanadi. Qog'oz sifatining eng muhim ko'rsatkichlaridan biri bu g‘adir budirlikdir [2]. Chop etish jarayonida bosma material yuzasining mikro- va makronotekisliklari bosma kontakt vaqtida bo‘yoqning qog‘oz bilan o‘zaro ta’siriga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Qog‘oz kapillyarlariga shimilgan bo‘yoq miqdori ortishi natijasida nusxalarning optik zichligi kamayadi, shu bilan birga bo‘yoq sarfi ortib, bosma mahsulot tannarxining oshishiga olib keladi. Shu sababli bosma jarayonda g‘adir-budurligi past, silliqligi yuqori bo‘lgan hamda tez mustahkamlanadigan bo‘yoq qatlamini hosil qilish imkonini beruvchi bosma materiallardan foydalanish talab etiladi (GOST 30436, ISO 1924-2) [3-8]. G‘adir-budurlik — qog‘oz sirtining tolalar notekis joylashishi natijasida shakllanadigan va uning silliqlik yoki g‘adir-budurlik darajasini ifodalovchi sirt xarakteristikasidir. Qog‘ozning muhim xususiyatlaridan biri bosma jarayonida uning yuzasida tasvirning sifatli shakllanishini ta’minlashdir. Qog‘oz varag‘i yuzasida tolalarning notekis taqsimlanishi sirtning g‘adir-budurligiga sabab bo‘ladi. Namlangan qog‘oz yuzasi ham mikrog‘ovakli tuzilishga ega bo‘lib, uning teskari tomonidagi g‘adir-budurlik darajasi old tomoniga nisbatan yuqoriroq bo‘lishi mumkin [9]. Shuni ta'kidlash kerakki, g‘adir-budurlilik qiymatini aniqlash metrologiyaning eng muhim vazifalaridan biridir. Muvozanat g‘adir-budurlilik parametri GOST 2789-73 "Yuza g‘adir-budirliligi”. Parametrlar, xarakteristikalar va belgilar" [10-11] da belgilangan. Tadqiqot qismi. Mahalliy xomashyo chiqindilari — paxta sellyulozasi va soya sellyulozasidan 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 va 50:50 nisbatlarda tayyorlangan kompozitsion qog‘oz namunalarining sirt g‘adir-budurlik qiymatlarini aniqlash. Qog‘oz bo‘yoqni haddan tashqari ko‘p shimishi, albatta, salbiy hodisadir, bu bosma mahsulotning sifatiga ta’sir ko‘rsatadi. Shimish natijasida nafaqat butun tasvirning optik zichligi, balki barcha bosma elementlarining o‘lchamlari ham o‘zgarib ketadi. Bir xil zichlikka ega bo‘lmagan qog‘oz bo‘yoqning qalinligi bo‘yicha bir xilda taqsimlangan nusxalar olish imkonini bermaydi. Ayrim hollarda nusxalarda bog‘lovchini pigmentdan ajralishini va uni nusxaning oraliq joylarda taqsimlanishini kuzatish mumkin.

Tadqiqotning maqsadi qog‘oz massasidagi turli xil tolali tarkibning uning bosma xossalariga, shu jumladan, shimuvchanlik qobiliyatiga ta’sirini aniqlashdan iborat bo‘ldi. Tarkibida soya sellyulozasi mavjud qog‘ozning shimuvchanligi, bosma bo‘yoq qatlamining mustahkamligi, chop etilgan nusxadagi tasvirlar bir xilligi, shuningdek, bosmaning rang xususiyatlari ta’sirini o‘rganildi. Olingan natijar quyidagi 2-rasmda keltirilgan. Soya sellyulozasi asosida olingan kompozitsion qog‘oz yuzasining g‘adir-budurligi bo‘yicha yuqori aniqlikdagi axborotni olish uchun standart talablar asosida belgilangan qiymat diapazoniga muvofiq yuza g‘adir-budurligi parametrlarini va profil parametrlarini o‘lchash uchun O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi InnoTexnopark laboratoriyasi sharoitida mavjud Profilometr SJ-210 qurilmasidan foydalanildi. 1-rasm.



1-Rasm. Surftest SJ-210 profilometri

Surftest SJ-210 profilometri (katalog raqami 178-561-11) tekis yuzalarning g‘adir-budirligini tez va aniq o'lchash uchun asosiy qurilmadir. Qurilmaning ishlash printsipi o‘lchanadigan sirt bo‘ylab induktiv o‘zgartkichni harakatlantirish va keyinchalik olmos ignali dastakning mexanik tebranishlarini raqamli signalga aylantirish jarayonida yuza g‘adir-budirligini sezish qobiliyatiga asoslanadi. Ushbu profilometr o‘lchanadigan yuzaga tayanadigan induktiv o‘zgartkich bilan ta’minlangan. O‘zgartkich elektromexanik o‘tkazgichga o‘rnatiladi, uning yordamida u gorizontal o‘lchanadigan detal orqali haraktlanadi, ya’ni o‘zgartkich bilan ishlaydigan elektromexanik o‘tkazgich o‘lchanadigan detalning asosini tashkil etadigan ustun bo‘ylab harakatlanadi. Mitutoyo Surftest seriyali portativ profilerlarining texnik tavsiflari quyida 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

SJ-210 qurilmaning texnik tavsifi

1	O‘lchash diapazoni	17.5-5.6	Ra – profil og‘ishining o‘rtacha arifmetik qiymati; Rz – profilning o‘rtacha g‘adir budurlik chuqurligi; Ry – profilning maksimal ikki nuqta balandligi; Rq – profilning ildiz-o‘rtacha kvadrat og‘ishi
2	G‘adir-budulik parametrlari	Ra: Rz: Ry: Rq	
3	Aniqlik sinfi	3-klass	
4	O‘lchash aniqligi	0.5 mm/s	
5	Ruxsat etilgan diapazon	360 μm/0.02 μm	

2-jadvalda ob’ekt sifatida 2 xilda olingan kompozitsion qog’ozlar keltirilgan.

2-jadval

1-namuna qog‘ozlarining tarkibi

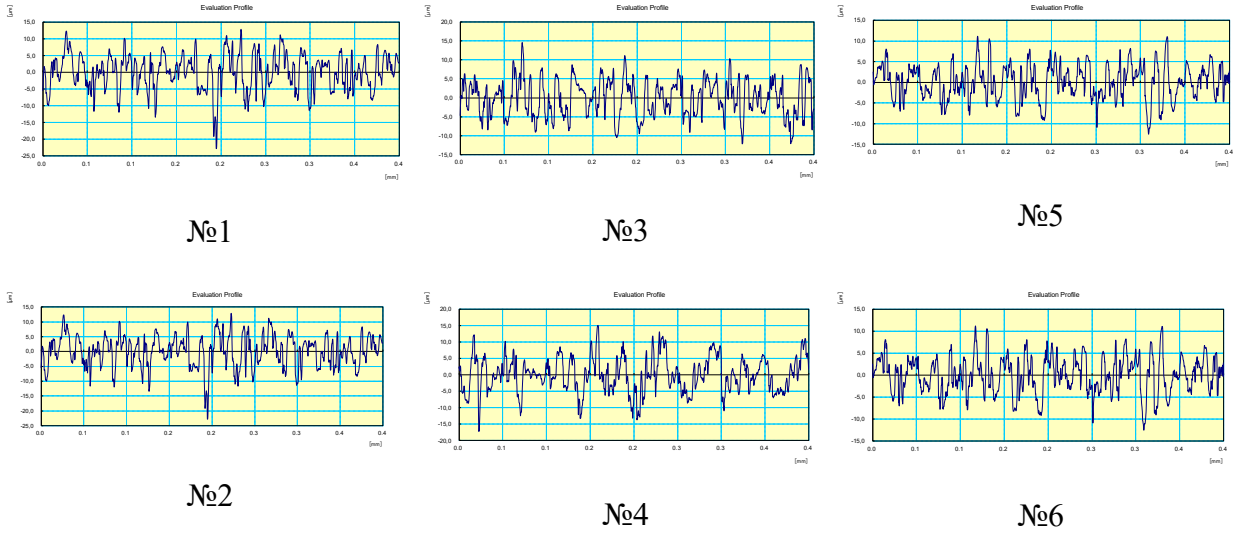
Namuna qog‘ozlar	Namunalarning modda tarkibi	
№ 1	100 % PS	Ps - Paxta sellyulozasi Ss – Soya sellyulozasi
№ 2	90% Ps + 10% Ss	
№ 3	80% Ps + 20% Ss	
№ 4	70% Ps + 30% Ss	
№ 5	60% Ps + 40% Ss	
№ 6	50% Ps + 50% Ss	

2-namuna qog‘ozlarining tarkibi

3-jadval

Namuna qog‘ozlar	Namunalarning modda tarkibi
№ 1	90% Ps + 10% Ss
№ 2	85% Ps + 15% Ss
№ 3	80% Ps + 20% Ss
№ 4	75% Ps + 25% Ss
№ 5	70% Ps + 30% Ss

Qog‘ozning shimuvchanligiga, ya’ni bosma bo‘yoqni qabul qilish xususiyatiga bevosita ta’sir qiluvchi omillardan biri uning g‘adir-budirlik ko‘rsatgichidir. Tajribaviy qog‘oz namunalari yuzasining g‘adir-budurlik ko‘rsatgichlari INNO Technoparkdagi SJ-210 rusumli profilometr yordamida aniqlandi.

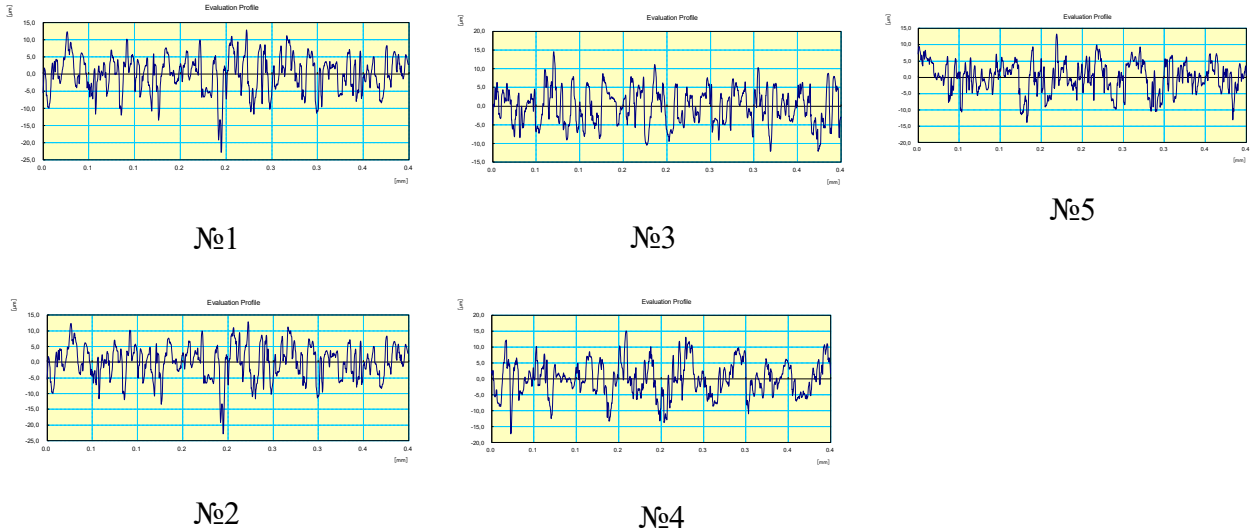


1-rasm. Tajribaviy 1-namuna qog‘ozlari yuzasining eng baland va eng past nuqtalari orqali o‘tkazilgan ajratilgan yuza chizig‘ining profili

4-jadval

Tajribaviy 1-namuna qog‘ozlarining g‘adir-budirligi

Qiymatlar	Mavjud qog‘oz namunalari g‘adir-budir qiymatlari					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Ra – profil og‘ishining o‘rtacha arifmetik qiymati	4,202	4,536	4,085	4,321	4,270	3,422
Rz – profilning o‘rtacha g‘adir budurlik chuqurligi	5,207	5,736	4,834	5,410	5,323	4,194
Rq – profilning ildiz-o‘rtacha kvadrat og‘ishi	24,526	28,829	21,116	24,730	26,216	18,643



2-rasm. Tajribaviy 2-namuna qog‘ozlari yuzasining eng baland va eng past nuqtalari orqali o‘tkazilgan ajratilgan yuza chizig‘ining profili

5-jadval

Tajribaviy 2-namuna qog‘ozlarining g‘adir-budirligi

Qiymatlar	Mavjud qog‘oz namunalari g‘adir-budir qiymatlari				
	№1	№2	№3	№4	№5
Ra – profil og‘ishining o‘rtacha arifmetik qiymati	3,741	4,054	4,413	4,346	4,536
Rz – profilning o‘rtacha g‘adir budurlik chuqurligi	4,631	5,120	5,572	5,379	5,797
Rq – profilning ildiz-o‘rtacha kvadrat og‘ishi	21,184	23,363	24,133	27,659	29,454

Qog‘oz yuzasining g‘adir-budurlik profillari, R_q qiymatlari va R_a natijalari tahlili shuni ko‘rsatadiki, davriy yuzalar uchun R_q parametrini aniqlashda barcha R_z qiymatlarida o‘lchovlarni o‘tkazish maqsadga muvofiqdir. R_q qiymatini aniqlashda profil chizig‘ining tavsifi, ushbu ishlov berish turiga xos bo‘lgan davriylik belgilarining mavjudligi va profil to‘lqinliligining ta’sir qilmaydi [12]. Yuqorida keltirilgan natijalardan shuni ta’kidlashimiz mumkinki, o‘lchangan qiymatlar R_a, R_y, R_z va R_q namuna qog‘ozlarning yuza g‘adir-budurligi parametrlari ilmiy adabiyotlarda [13-15] keltirilgan qiymatlarga yaqin. O‘lchangan qiymatning kutilganidan ba’zi og‘ishlari turli nuqtalarda o‘lchovlar paytida ham, bir xil nuqtada o‘lchangan parametrlar o‘rtasida ham qog‘oz massasi tarkibidagi tolalarning anizotropik tabiati bilan izohlanishi mumkin.

Xulosa. Olingan profilogramma asosida qog‘oz yuzasining g‘adir-budirlik parametrlari bo‘yicha o‘rtacha natijalar olinib, jadvalda ko‘rsatildi. Ushbu maqolada qog‘oz yuzasining g‘adir-budirlik profilini aniqlashning metodologik yondashuvi amalga oshirildi. Bunda tekshirilayotgan namunaning profili nominal R_a qiymati ma’lum bo‘lgan standart namuna profili bilan taqqoslandi. Olingan ma’lumotlar asosida qog‘oz yuzasining g‘adir-budurlik profili yordamida R_a qiymatini aniqlash va baholash amalga oshirildi hamda R_z kesish parametri belgilab olinadi. Davriy profillar uchun ISO 4288:1996 standarti bo‘yicha R_q filtrining kesish qiymatini tanlashda profil elementlarining o‘rtacha masofasi - R_z parametri o‘lchandi. R_a parametrini aniqlash va baholashning eksperimental natijalari shuni ko‘rsatdiki, har bir ishlov berish turi uchun R_q filtrining optimal kesish qiymatlari mavjud. Ba’zi namunalar uchun R_q filtrining erkin tanlangan qiymatlari bo‘yicha olingan natijalarda ozgina mutanosibliklar kuzatildi.

Referance:

1. Tyagunov A.G., Vorobev S.A., Arapova S.P. Materialovedenie laboratornыy praktikum. Uchebnoe elektronnoe tekstovoe izdanie. GOU VPO UGTU−UPI, Yekaterinburg. – 2009. –S. 49.
2. A.A. Kirsankin, M.G. Mixaleva, S.N. Nikolskiy, A.V. Musoxranova S.V. Stovbun. “Pryamoy metod kontrolya kachestva poverxnosti melovannыx vidov bumagi” Ximiya rastitelnogo sыrya // Moskva. 2016. №4. S. 159-163.
3. Leontev V.N. Metodы i sredstva sovershenstvovaniya pechatnыx svoystv bumag v sisteme «bumaga-kraska-ottisk»: uchebnoe posobie/GOUVPO SPbGURP. SPb. – 2009. – S.170.
4. Vyacheslavova O.F., Bavыkin O.B. Sovremennыe metodы otsenki kachestva poverxnosti detaley mashin: uchebnoe posobie. 1-ye izd. –M.:MGTU «MAMI». – 2010. – S.74.
5. Mironchenko V.I. Priborы beskontaktnogo kontrolya sheroxovatosti // Priborы i sistemы. Upravlenie, kontrol, diagnostika. – 2004. – №5. – S.58-61.
6. Grigorev A.Ya. Metodы analiza mikrogeometrii poverxnosti // Trenie i iznos. – T.10. – 1989. – №1.– S.138-155.
7. Topores A.S. Optika sheroxovatoy poverxnosti. –L.: Mashinostroenie. – 1988. – S.192.
8. GOST 2789-73 (Rekomendatsii ISO R 486) Sheroxovatost poverxnosti. Parametrы i xarakteristiki. M. – 2006. – S.7.

9. Gurev A.V. Vliyanie kompozitsii i stepeni razrabotki polufabrikatov na prochnost i jestkost bumagi dlya gofrirovaniya // Karavaevo. 2010. №7-8. - S. 40-46.
10. Chavchavadze, Ye.S. Atlas drevesinы i volokon dlya bumagi M.: Klyuch, 2002.-336 s.
11. Metod Sheffilda. Bumaga i karton. Opredelenie sheroxovatosti/gladkosti (metodы s propuskaniem vozduxa). Chast 3. Rossiya© ISO 2005.
12. Babaxanova X.A., Galimova Z.K., Sadriddinov A.A., Ismailov I.I. Issledovanie mikrogeometrii poverxnosti bumagi iz korы vetok tutovnika // Lesnoy vestnik. – 2022. – №1. – S. 84–90. – DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-84-90.
13. Mixaleva M.G., Vtyurina D.N., Sarvadiy S.Yu. Analiz sheroxovatosti poverxnosti sellyulozno-bumajnыx materialov pryamыm i kosvennыm metodami // Trudы BGTU. – 2019. – Ser. 2. – №1. – 67-71 s.
14. Kirsankin A.A., Mixaleva M.G., Politenkova G.G., Nikolskiy S.N., Stovbun S.V. Izuchenie topografii materialov na sellyuloznoy osnove metodom atomno-silovoy mikroskopii // Lesnoy vestnik. – 2018. – T. 22. – №1. – S. 88–93.
15. Mixaleva M.G., Vtyurina D.N., Nikolskiy S.N., Stovbun S.V., Jolnerovich N.V., German N.A., Nikolaychik I.V. Atomno-silovaya mikroskopiya – sovremennыy metod opredeleniya sheroxovatosti sellyulozno-bumajnoy produksii // Materialы Mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii, posvyaщennoy 100-letiyu so dnya rojdeniya professora V.M. Reznikova «Ximiya i ximicheskaya texnologiya pererabotki rastitelnogo sыrya». Minsk, 10-12 oktyabrya. – 2018. – S.126–130.

Mualliflar uchun qoidalar

Tahririyat mualliflardan quyidagi qoidalarga rioya qilishni so‘raydi:

1. Jurnalda faqat original materiallardan iborat ilmiy maqolalar chop etiladi. Mualliflar maqolaning avval nashr etilmaganligi, boshqa nashrda chop etish uchun topshirilmaganligi va keyinchalik boshqa jurnalda chop etmaslik to‘g‘risidagi mas’uliyatlarni o‘z zimmasiga oladi.

2. Maqolaning hajmi odatda 6 betdan kam bo‘lmasligi, matn 1 interval oraliqda MS yoki MS Word 7.0 Times New Roman 12 kegl shriftlarida terilgan bo‘lishi kerak (o‘zbek, ingliz va rus tillarida yozilgan Annotatsiya, shakl, jadval va adabiyotlar royxati shu hajmga kiradi). Maqola quyidagi qismlardan iborat bo‘lishi kerak: Annotatsiya, kalit so‘zlar (keywords ingliz tilida), kirish; nazariy tadqiqodlar; tajribaviy izlanishlar; natijalar tahlili; xulosa kabi qismlarga ajralgan bo‘lishi shart.

3. Maqolaning matni, jadval va shakllari ikki nusxada chop etishga tayyor holda taqdim etilishi va barcha mualliflar tomonidan imzolangan bo‘lishi zarur.

4. Formulalar va matematik belgilashlarning hammasi Microsoft Equation muharririda teriladi, formulalarning tartib raqamlari oddiy qavslar ichida matnning o‘ng tomoniga joylashtiriladi.

5. Shakllar Word da bajarilgan bo‘lishi va har bir shaklning o‘lchamlari 12x15 sm dan oshmasligi zarur.

6. Har bir jadvalga tegishli sarlavha qo‘yilgan va agarda ularning soni bittadan ko‘p bo‘lsa, tartib bilan raqamlangan bo‘lishi zarur.

7. Adabiyotlar royxati umumiy qabul qilingan talablarga (qoida taqdim etiladi) muvofiq rasmiylashtiriladi hamda qo‘lyozma oxiridagi umumiy royxatda keltiriladi. Kamida 15 ta adabiyotlardan foydalanilgan bo‘lishi shart. Foydalanilgan adabiyotlar eski bo‘lmagan so‘nggi 5-10 yillik adabiyotlari tavsiya etiladi. Royxat maqola matnida foydalanilgan tartibda yoziladi. Adabiyotlar tilidan qatiy nazar lotin alifbosida yozilishi shart “Reference” deb yoziladi.

8. Qo‘lyozma matnida adabiyotlarga ishora kvadrat qavslarda beriladi (masalan [1,2] yoki [1-4]). Chop etilmagan ishlarga ishora qilish va ularni ro‘yxatda keltirish mumkin emas.

9. Foydalanilgan adabiyotlarda **Scopus** yoki **Sciencedirect** xalqaro ilmiy-texnik ma’lumotlar ba’zalaridan foydalanilgan bo‘lishi shart.

10. Maqolaning asosiy maqsadi, olingan natija, xulosa va tavsiyalarni o‘z ichiga olgan uch tildagi (o‘zbekcha, inglizcha va ruscha) Annotatsiyalar bo‘lishi va har birining hajmi 150-300 tagacha so‘zdan iborat bo‘lishi kerak. Maqolaning nomi va o‘zbek tilidagi Annotatsiyasi lotin yozuvida ham keltiriladi.

11. Maqolaga quyidagilar ilova qilinadi;
bosmadan chiqarilgan ikki nusxa qo‘lyozma;
qo‘lyozmaning elektron varianti.

12. Maqolani chop etishga tavsiya etuvchi korxonaning ilmiy ekspert xulosasi va odatda mazkur jurnalda chop etish uchun kafedra tavsiyasi (yig‘ ilish bayonnomasidan ko‘chirma) ilova etiladi.

13. Mualliflar haqidagi ma’lumotnomada mualliflarning ismi, sharifi, otasining ismi (to‘liq yoziladi); ilmiy darajasi; ilmiy unvoni; lavozimi va tadqiqotlar o‘tkazilgan muassasaning to‘liq nomi, manzili va telefon raqamlari ham da email keltiriladi.

14. Ushbu qoidalarga javob bermaydigan hamda zarur qo‘shimcha hujjatlar ilova qilinmagan maqolalar qabul qilinmaydi.

15.Tahririyat maqolaga mualliflarning roziligisiz tahririy o‘zgartirishlar kiritishi mumkin.

16. Maqolaning qo‘lyozmalari mualliflarga qaytarilmaydi.

17. El.pochta textilejournalofuzbekistan@bk.ru

18. Jurnal sayti: **tju.uzsci.uz**

Tahririyat.

Правила для авторов

Редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал “Текстильный журнал Узбекистана”, руководствоваться следующими правилами:

1. Редакция принимает только научные статьи, содержащие оригинальный материал. Авторы принимают на себя ответственность в том, что данный материал не издавался ранее, не находится на рассмотрении для публикации в ином издании, и в случае принятия материала, в дальнейшем не будет издан в другом журнале.

2. Объем статей, как правило, не менее 6 страниц, выполненных через один интервала в MS Word 6.0 или MS Word 7.0 шрифтом Times New Roman, размер кегля - 12 (включая аннотации на трех языках, рисунки, таблицы и список литературы). Статья должна состоят из следующих частей: введение; теоретические исследования, экспериментальные исследования; анализ результатов, выводы.

3. Текст и иллюстрированные материалы представляются в двух экземплярах, в окончательно отработанном для печати виде и должны быт подписаны всеми авторами.

4. Все формулы и буквенные обозначения, используемые в формулах величин набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 (номер формулы у правого края в скобках), описание используемых в формулах обозначений дается в строку подряд.

5. Размер рисунков, выполненных на компьютере, не более 12x15 см.

6. Каждая Таблица должна быт напечатана с соответствующим заглавием и пронумерована, если их несколько.

7. Список литературных источников оформляется в соответствии с общепринятыми правилами, требованиями и подаётся общим списком в конце рукописи. В списке должны быт использованы минимум 15 публикаций за последние 5-10 лет. Список дается в порядке перечисления в тексте. Список литературы должен быт написан на латинице “References” независимо от языка.

8. Ссылка на литературу в тексте рукописи дается в квадратных скобках (например, [1, 2] или [1-4]). Неопубликованные работы не могут быт упомянуты и перечислены.

9. В списке использованной литературы необходимо использовать литературу зарубежных изданий из базы данных Scopus или Sciencedirect.

10. В аннотации сжато и точно должны быт изложены основная цел статьи, основные результаты и рекомендации на трех языках (узбекском, английском и русском). Каждая аннотация должна содержат не более 150-300 слов. Название статьи и аннотация на узбекском языке должны быт написаны на латинице.

11. К статье должны быт приложены:

-дубликат рукописи статьи; -электронная версия статьи.

12. К статье должны быт приложены: экспертное заключение, рекомендация - рецензия от организации отправителя и рекомендации кафедры (выписка из протокола заседания) к публикации в данном журнале.

13. В справке об авторах должны быт изложены: фамилия, имя, отчество (полностью); научная степень; учёное звание; должность и полное название учреждения, где проводились исследования, номера телефонов, а также адрес электронной почты.

14. Статьи, которые не соответствуют этим правилам и не сопровождаться необходимыми подтверждающими документами, не принимаются.

15. Редакция может вносит редакционные изменения в статью без согласия авторов.

16. Рукописи статьи авторам не возвращаются.

17. эл.почта textilejournalofuzbekistan@bk.ru

18. Веб-сайт журнала: **tju.uzsci.uz**

Редколлегия.

Muharrirlar guruhi: K.Kabilova
D.Gulyamova

Kompyuterda sahifalovchi-dizayner: M.Dusmuxamedova

Bosishga ruxsat etildi "___" _____ 202_ yil. Bichimi 60x84 1/8.
Shartli bosma taboqi 5,0. Nusxasi 100 dona. Buyurtma № ____

Ushbu ilmiy-texnik jurnal 2020 yil 24 iyunda O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan 02-0023 raqami bilan qayta ro‘yxatdan o‘tkazildi.

Certificate

Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti
bosmaxonasida tezkor bosma usulda bosildi.
100100, Toshkent, Shoxjahon ko‘chasi, 5.