

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/2025.27.12.T.21.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

AXMEDOVA MOXINUR FAYZULLO QIZI

**TRIKOTAJ MATOLARINING KO‘P DAVRLI CHO‘ZILISH
DEFORMATSIYASINI ANIQLASH USULINI ISHLAB CHIQISH**

05.06.01- “To‘qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi”

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent-2026

UO'K:677.017.5:536.46.004.12

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferatining
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Axmedova Mohinur Fayzullo Qizi

**Трикотаж матolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini
ishlab chiqish..... 3**

Ахмедова Мохинур Файзулло кизи

**Разработка метода определения многоцикловой деформации при
растяжения трикотажных полотен 21**

Akhmedova Mokhinur Fayzullo kizi

**Development of a method for determining the multi-cycle tensile deformation
of knitted fabrics..... 41**

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

**Список опубликованных работ
List of published works..... 45**

**TOSHKENT TO'QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/2025.27.12.T.21.01**

RAQAMLI ILMIIY KENGASHI

TOSHKENT TO'QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

AXMEDOVA MOXINUR FAYZULLO QIZI

**TRIKOTAJ MATOLARINING KO'P DAVRLI CHO'ZILISH
DEFORMATSIYASINI ANIQLASH USULINI ISHLAB CHIQISH**

05.06.01- "To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi"

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent-2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4912 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.ilyk.uz) hamda «Ziyoneb» axborot-ta'lim portalida (www.ziyoneb.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: Ubaydullayeva Dilora Hamidovna
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar: Naxxadjayeva Nilufar Raximovna
texnika fanlari doktori, professor

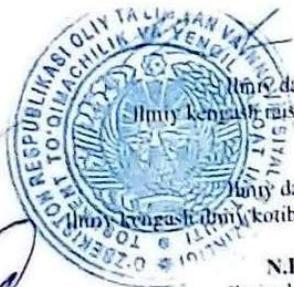
Ismatullayeva Xalida Zikrullayevna
texnika fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot: O'zbekiston tabiiy tolalar ilmiy-tadqiqot instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi ilmiy daraja beruvchi DSc.03/2025.27.12.T.21.01 raqamli Ilmiy kengashning 2026- yil 11-mart soat 14:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100100, Toshkent shahar, Shohjahon ko'chasi 5 uy, tel.: (99871)-253-06-06, faks: (99871)253-36-17, e-mail: itlp_info@cbi.uz, Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti ma'muriy binosi, 2-qavat, 222-xona).

Dissertatsiya bilan Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№277 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100100, Toshkent shahar, Shohjahon ko'chasi 5 uy, tel.: (99871)-253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil 24 fevral kuni tarqatildi (2026 yil 24 fevraldagi 277 raqamli reyestr bayonnomasi).



X.H. Kamilova
Ilmiy darajasini beruvchi
Ilmiy kengash raisi, I.F.D., professor

A.Z. Mamatov
Ilmiy darajasini beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, I.F.D., professor

N.R. Naxxadjayeva
Ilmiy darajasini beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, I.F.D., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda yengil sanoat sohasida trikotaj mahsulotlariga bo'lgan talab yildan-yilga orib bormoqda. Dunyo statistikasi bo'yicha Xalqaro to'qimachilik ishlab chiqaruvchilar federatsiyasi(ITMF) ma'lumotlariga ko'ra "2023/2024-yillarda trikotaj matosini ishlab chiqarish hajmi 9.1 million tonnaga yetgan. Yirik trikotaj mahsulotlari eksportyorlari beshtaligiga Xitoy, Braziliya, Janubiy Koreya, Italiya, Portugaliya mamlakatlari yetakchi o'rinlarni egallamoqda". Trikotaj matolari yuqori elastiklik, qulaylik va estetik ko'rinish kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, trikotaj matolarning ekspluatatsion jarayonlarda uchraydigan deformatsion holatlari ularning sifat ko'rsatkichlari va xizmat muddati uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega hisoblanadi. Shu bila birgalikda, trikotaj matolarning ko'p davrli deformatsiya jarayonlari fizik-mexanik xususiyatlarining barqarorligini va mahsulot shaklining saqlanishini yaratishga alohida e'tibor berilmoqda.

Jahonda trikotaj matolarning ko'p davrli deformatsion xatti-harakatlarini chuqur o'rganish va aniqlash, ularning texnologik jarayonlarda mustahkamligini oldindan baholash imkoni beruvchi texnika vositalarining yangi ilmiy texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Bu borada, trikotaj mato tarkibini optimallashtirish orqali sifat darajasini sezilarli oshirishga, hamda ularning texnikaviy va ekspluatatsion ko'rsatkichlarini takomillashtirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda hozirgi kunda trikotaj matosidan samarali foydalanish imkonini beradigan resurstejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida iqtisodiyot tarmoqlarida barqaror yuqori o'sish sur'atlarini ta'minlash orqali kelgusi besh yilda aholi jon boshiga yalpi ichki mahsulotni-1,5 barobar va 2030 yilga borib aholi jon boshiga to'g'ri keladigan daromadni 4 ming AQSH dollaridan oshirish hamda «daromadi o'rta chadidan yuqori bo'lgan davlatlar» qatoriga kirish uchun zamin yaratish bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan, natijada 2024 yilda respublikamizda 21,8 ming tonna trikotaj mahsulotlarini eksport qilingan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, trikotaj matosidan tayyor mahsulotlar ishlab chiqarish va uni eksporti uchun kerak bo'ladigan sifatli qayta ishlash bilan birga, belgilangan tartibda amalga oshiradigan, texnik va texnologik jihatdan modernizatsiyalashgan mashinalarni yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 1-maydagi PF-71-son "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "To'qimachilik sanoati mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 2 baravarga ko'paytirish to'g'risida"gi va "Yangi zamonaviy texnologiyalarni tadbiq qilish hisobiga milliy iqtisodiyotni raqobatbardoshligini oshirish to'g'risida"gi Farmonlari 2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi

O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. «Energetika, energiya va resurstejamkorlik» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Yetakchi olimlar to'qimachilik sanoatida yuqori sifatli trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarishda xomashyo turlari, ishlab chiqarish texnologiyasi, trikotaj to'qima turlari, texnologik ko'rsatkichlari va trikotaj to'qimalarining fizik-mexanik xususiyatlariga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish va turli o'lchov vositalarini ishlab chiqish, yaratish va joriy etish bo'yicha xorijiy olimlar tomonidan I. Frydrych, R. Johnson, J. Smith, S. Kim, Y. Liu, R. Patel, Y. E. Xarima, S. Yeriuse, M. Yamaoka Takashi, A. Pinar, K. Kopias, P. Bernard Corbman, L. Oscarsson va boshqalar ilmiy tadqiqot ishlari olib borishgan.

Trikotaj texnologiyasining nazariy metodologik asoslari rivojlanishiga oid fundamental ishlar A.S. Dalidovich, L.I. Kudryavin, V.M. Lazarenko, I.G. Sitovich, va boshqalar tomonidan nashr etilgan bo'lsa, O.N. Marisova, M.M. Muqimovlar trikotaj to'qimasining strukturaviy elementlarini trikotaj to'qimasi xususiyatlariga ta'siriga oid ilmiy izlanishlar olib borgan. Trikotaj to'qimalarini olishda mahalliy xomashyodan samarali foydalanish yo'nalishida olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarida olimlarimiz B.F. Mirusmanov, A.YE. Isabayev, N.R. Xanxadjayeva, D.H. Ubaydullayeva, K.M. Xoliqov, G.X. Gulyayevalar samarali izlanishlar olib borgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, aksariyat tadqiqotlar faqat muammolarning bir qismini qamrab olgan bo'lib, trikotaj mahsulotlarining fizik-mexanik xususiyatlarini tadqiq etish orqali shakl saqlash xususiyati yuqori bo'lgan to'qima turlari olishga yo'naltirgan. Biroq, Respublikamizda trikotaj matolar sifat ko'rsatkichlarini aniqlashda trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiyaga bag'ishlangan ilmiy izlanishlar yetarli darajada olib borilmagan. Ushbu holat trikotaj matolarni shakl saqlash va deformatsion xususiyatlarni kengroq o'rganishda, qurilmani takomillashtirishga oid tadqiqotlar o'tkazishga asos bo'ladi.

Dissertatsiya tadqiqotining bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarini bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti TTYSI bilan "Al Hakim plyus" MCHJ №-07/2025 raqamli "To'qimachilik mahsulotlari sifatini oshirish yo'llarini ishlab chiqish" mavzusidagi xo'jalik shartnoma doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi trikotaj matolarning foydalanish muddatini aniqlash uchun ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini baholash usulini ishlab chiqish.

Tadqiqotning vazifalari:

trikotaj matolarning deformatsion xususiyatlarni aniqlashda mavjud usul va qurilmalarni tahlil qilish;

trikotaj matosining ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonini tavsiflovchi yangi matematik model ishlab chiqish;

dastlabki kuch berish, ko'rsatkichlarini nazorat qilish hamda natijalarni avtomatik ravishda qayd etish imkonini beruvchi qurilmani takomillashtirish;

trikotaj matolarning shakl saqlash xususiyati va foydalanish muddatini baholash imkonini beruvchi ko'p davrli cho'zilish deformatsiyani aniqlash usulini ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan usulni amaliyotda qo'llash va iqtisodiy samaradorlikni aniqlash.

Tadqiqotning obyektini sifatida trikotaj mato namunalarini hamda trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash qurilmasi olingan.

Tadqiqotning predmeti ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usuli va vositalari, takomillashtirilgan qurilmaning asosiy ko'rsatkichlari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida matolarni sifat ko'rsatkichlarini baholashda matematik statistik hisoblash usullaridan, kompyuter dasturiy ta'minotidan, tadqiqot natijalarini olish imkonini beruvchi nazariy-eksperimental usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonini tavsiflovchi, kuch – deformatsiya – davrlar soni bog'liqligini hisobga olish asosida yangi matematik model ishlab chiqilgan;

trikotaj matolarni ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasida dastlabki kuch berish, ko'rsatkichlarni aniq va muntazam nazorat qilish hamda natijalarni avtomatik ravishda qayd etish imkonini beruvchi qurilma takomillashtirilgan;

ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun takomillashtirilgan qurilma orqali trikotaj matolarning shakl saqlash xususiyati va foydalanish muddatini baholash imkon beruvchi yangi usul ishlab chiqilgan;

takomillashtirilgan qurilma yordamida ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun nisbiy cho'zilishi va chidamlilik ko'rsatkichlarining maqbul qiymatlari regression matematik model tenglamalari orqali aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

shakl saqlash xususiyatini baholash uchun ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash qurilmasi takomillashtirilgan;

tajriba jarayonini avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi, dastlabki kuchni va ko'rsatkichlarni (chastota, amplituda va davrlar soni) nazorat qilish, qoldiq davriy deformatsiya miqdorini aniqlash imkoniga ega bo'lib, takomillashtirilgan ko'p davrli qoldiq cho'zilish deformatsiyasini aniqlash qurilmasi bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi Intellektual mulk markaziga talabnoma topshirilgan;

ko'p davrli cho'zilish deformatsiya qurilmasi yordamida trikotaj matosining qoldiq deformatsiyasini aniqlash usuli ishlab chiqilgan va ishlab chiqarish sharoitidagi laboratoriyalarda foydalanish uchun joriy etilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi ularda standart usuldan foydalanilganligi olingan natijalarning hozirgacha ma'lum bo'lgan ko'rsatkichlarga mutanosibliigi, ko'p davrli cho'zilish deformatsiyada trikotaj matolarning sifatini baholash jarayonlari, matematik modellari tahlili natijalarining ko'rib chiqilayotgan fan sohasida olingan natijalarni baholashning ma'lum mezonlariga muvofiqligi hamda nazariy tadqiqotlar natijalarning tajribali tadqiqotlar natijalariga mos kelishi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati:

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonini tavsiflovchi usul ilmiy asoslandi va trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonining matematik model ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati trikotaj matolarining ko'p davrli deformatsiyasini aniqlashda qurilmani takomillashtirish, o'lchovlarni avtomatlashtirish uchun sinovlar o'tkazish metodikasi va dasturiy ta'minotni yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi: Trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini ishlab chiqish va ularning sifatini baholashda foydalanish muddatini aniqlash bo'yicha olingan natijalar asosida:

taklif etilayotgan trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini "O'zto'qimachilik sanoat" uyushmasi tasarrufidagi korxonalarda, shu jumladan, Xorazm viloyatidagi mas'ulyati cheklangan "JULIETTA KIDS" va "JULIETTA" korxonalarida joriy qilindi (O'zto'qimachilik sanoat uyushmasi 2025-yil 28-noyabrda 02/06-2787-son ma'lumotnomasi). Natijada, ishlab chiqarish sharoitida olingan ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun takomillashtirilgan qurilmani hisobiga nuqson darajasi 8,5% dan 2,2% gacha, sinovlarini o'tkazish vaqti 8 soatdan 2,5 soatgacha kamayganligi, xomashyo sarfi bo'yicha 12,8% dan 1,2% gacha tejalganligiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatyasi. Tadqiqot ishi natijalari bo'yicha jami 7 ilmiy-texnik konferensiyalarda, shu jumladan 3 ta xalqaro, 4 ta Respublika ilmiy konferensiyalarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 12 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola (2 ta respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda) chop etilgan va O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi Intellektual mulk markazidan № DGU 54222 patent olindi hamda IAP 20240613 raqamli talabnoma topshirildi.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 96 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot maqsad va vazifalarni belgilaydi, shuningdek tadqiqot obyekti va predmetini shakllantirilgan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarni rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilgan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati yoritilgan hamda amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

1. Dissertatsiyaning "Trikotaj matolarining deformatsiya xususiyatlarini baholash bo'yicha bajarilgan ilmiy-tadqiqotlar tahlili" deb nomlangan birinchi

bobida Trikotaj matolarining aniq sharoitlarini hisobga oladigan ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlashda kompleks usuli mavjud emas;

2. Davriy kuchning chastotasi va amplitudasining deformatsiya xarakteristikalariga ta'siri to'liq o'rganilmagan;

3. Qisqa muddatli sinovlar natijalari asosida trikotaj matolarining xizmat muddati ishonchliligini baholash usullari ishlab chiqilmagan.

Shu sababli, trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonini matematik modellashtirish, tuzilish ko'rsatkichlari bo'yicha sinovlarning texnologik ko'rsatkichlarini aniqlash, ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlashda qurilma konstruksiyasini nazariy asoslash va tajriba olib borish uchun sinov usulini ishlab chiqishni taqozo etadi.

Dissertatsiya ishning "Ko'p davrli cho'zilish deformatsiyaning nazariy asoslari" deb nomlangan ikkinchi bobida trikotaj matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonini matematik modellashtirish, trikotaj mato tuzilish ko'rsatkichlari bo'yicha sinovlarning texnologik ko'rsatkichlarini aniqlash, ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlashda qurilma konstruksiyasini nazariy asoslash sinov usulini ishlab chiqilgan:

Matematik modelni yaratishda quyidagi asosiy nazariyalar amalga oshirildi:

1. Trikotaj matolari anizotrop mato sifatida juda qayishqoq-elastik hisoblanadi.

2. Trikotaj matoning deformatsiyasi relaksatsiya jarayonidan iborat (qaytar va qaytmas deformatsiya).

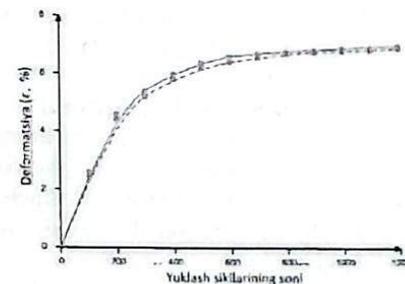
3. Relaksatsiya jarayoni eksponensial qonuniga bo'ysunadi.

4. Davriy kuch ta'sirida trikotaj mato tuzilishi asta-sekinlik bilan o'zgaradi.

Barcha koeffitsientlarni to'liq deformatsiya formulasiga qo'yilganda quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$\epsilon(t, N) = K_{\square} \cdot \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \cdot (1 + \psi \cdot W) \left[\frac{\sigma(t)}{E(N)} + \frac{\sigma(t)}{\eta(N)} \cdot (1 - e^{-\lambda t}) + \epsilon_{px} \cdot (1 - e^{-\lambda N}) \right]$$

Taklif etilayotgan modelning eksperimental sinovi turli xil to'quvlarning trikotaj matolari namunalarida o'tkazildi. 1-rasmda eksperimental va hisoblangan deformatsiya egri chiziqlari ko'rsatilgan.



1-rasm. Tajribaviy va hisoblangan deformatsiya egri chiziqlarini taqqoslash

Tajriba tekshiruvlari trikotaj o'rilishining asosiy to'qima turlari glad, interlok, aralash trikotaj to'qimalarda o'tkazildi (1-jadval).

1-jadval
O'rganilayotgan namunalarning xarakteristikalarini

№ namuna	To'qima turi	Xom-ashyo tarkibi	Yuza zichligi g/m ²	Ko'ndalang bo'yicha zichlik	Bo'ylama bo'yicha zichlik	Chiziqli zichlik, Tekst	Boshlang'ich qayshiqoqlik moduli, E ₀	Qattqlik koeffitsienti, β	Qoldiq deformatsiya eraz, %
1	Glad	Paxta 100%	180	75	90	15.4	480	0.15	6.8
2	Interlok	Paxta/ Poliestr 65/35%	220	92	115	18.2	520	0.12	5.2
3	Aralash trikotaj to'qimasi	Poliestr 100%	195	84	102	12.6	560	0.10	4.5
4	Glad	Viskoza/ Elastin 92/8%	170	78	95	14.8	420	0.18	7.2
5	Interlok	Jun/Poliamid 70/30%	240	68	86	20.4	540	0.14	5.8

2-jadval
Deformatsiya modelining matematik ko'rsatkichlari

№ namuna	Tuzilish Koeffitsienti Kt	Dam olish vaqti τ, c	Tezlik yeg'ilish Koeffitsienti λ	Kritik kuchlanish σKp, MPA	Hisob xatoligi, %
1	1.20	0.8	0.0045	28.8	3.8
2	1.32	0.7	0.0038	32.5	4.5
3	1.24	0.6	0.0032	35.6	5.2
4	1.18	0.9	0.0050	26.4	4.2
5	1.35	0.8	0.0040	33.2	5.0

Yaratilgan matematik modelning adekvatligini baholash uchun Fisher mezonidan foydalanildi. Barcha o'rganilgan namunalar uchun Fisher mezonining hisoblangan qiymati 0,05 ahamiyatlilik darajasida kritik qiymatdan oshmadi, bu modelning adekvatligini tasdiqlaydi.

“Ko'p davrli cho'zilish deformatsiyani aniqlash qurilmasini takomillashtirish” deb nomlangan uchinchi bo'limda trikotaj matolarining deformatsiya xususiyatlarini o'rganish uchun maxsus pulsator qurilmasi takomillashtirilgan bo'lib, uning konstruksiyasi kuch ko'rsatkichlarini aniq o'lchashni va davriy cho'zilishni, chastotani sozlash qulayligini ta'minlaydigan dasturlangan qurilma tadqiqoti berilgan.

Qurilmaning umumiy ko'rinish chizma sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan. Asos qismi plastinadan 1 iborat bo'lib, uning ustiga elektrodvigatel 2 o'rnatilgan bo'lib, aylanma harakatni klinli tasma uzatmaga beradi, shu jumladan 3 va 5 shkivlar,

shuningdek klinli-tasma 4 dan iborat. Shkiv 5 aylanma harakatni krivoship 7 ni sozlash uchun 6 diskka uzatadi, aylanma harakatni qisqich 12 ni ilgariylanma-qaytma harakatga keltiradi. Qisqichlar (harakatlanuvchi 12 va qo'zg'almas 13 chiziqli podshipniklar 14 va 9 tayanchlari yordamida yo'riqnomalar 10 (polzun)ga o'rnatiladi, bu esa yuqori harakat aniqligini ta'minlaydi va ishqalanishni kamaytiradi.

Trikotaj mato namunasi 22 ni mahkamlash uchun matoning ishonchli mahkamlanishini ta'minlaydigan va sinov paytida uning sirpanishini oldini oladigan mahkamlagichlar 20 bo'lgan klinli qisqichlari 19 ishlatiladi. Namunaning dastlabki kuchni 16 va 17 gaykalari bilan vint 18 yordamida amalga oshiriladi. Dastlabki kuch miqdori datchik 21 tomonidan nazorat qilinadi, bu esa dastlabki sinov shartlarini aniq belgilash imkonini beradi.

Yuklash davrlarining soni 15 slayder bilan jihozlangan Hall datchigi 11 tomonidan nazorat qilinadi, uning holati kerakli chastota amplitudasiga qarab sozlanishi mumkin. Datchikning ushbu konstruksiyasi turli sinov rejimlariga moslashtirish imkoniyatini beradi, bu takomillashtirilgan qurilmaning muhim afzalligi hisoblanadi.

Takomillashtirilgan tajriba qurilmasida trikotaj matolarni ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun usul yaratildi. Qurilmaning konstruksiyasi barcha kerakli sinov rejimlarini va ularning ko'rsatkichlarini nazorat qilishni ta'minlaydi.

Sinov usuli quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

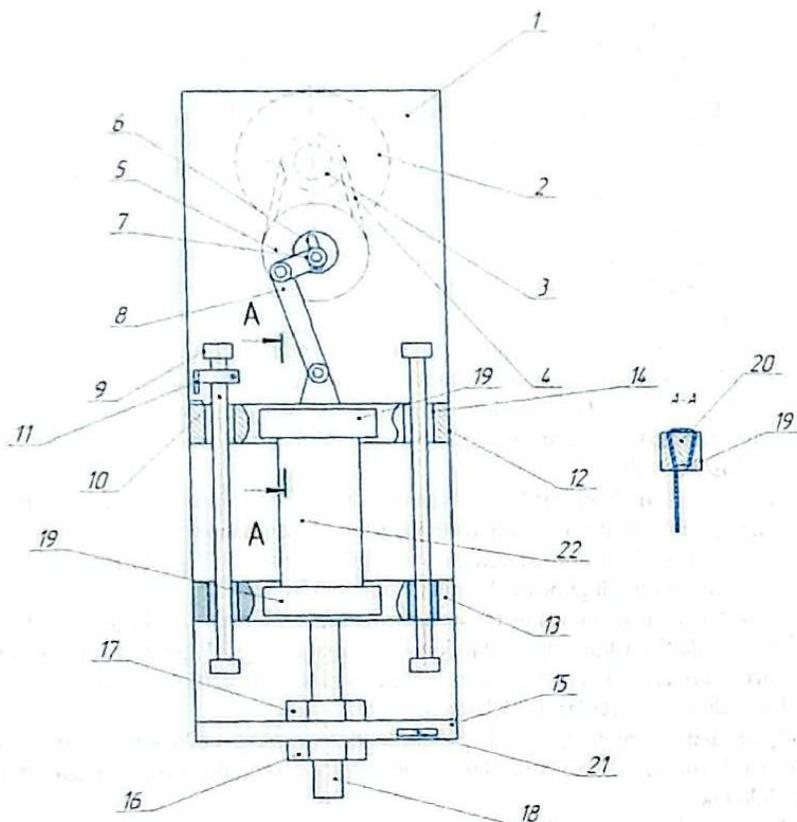
Trikotaj mato namunasi tayyorlash: namuna 22 me'yoriy hujjatlar talablariga muvofiq kesiladi va klin 20 yordamida klinli qisqichlari 19 bilan mustahkamlanadi (2-rasm). Standart o'lchamdagi namunalarni kesish, normal sharoitda saqlanadi va boshlang'ich ko'rsatkichlarni o'lchanadi.

Qurilmani sinovga tayyorlash: barcha tizimlarning ishlashini va datchiklarni tekshirish lozim. So'ngra kerakli kuch chastotasini o'rnatish va harakat amplitudasini sozlash kerak.

Sinov usulida namunalar tayyorlashga alohida e'tibor qaratiladi. Trikotaj matolar qat'iy tartibga solinadigan ko'rsatkichlar bilan shakllantirildi: ishchi qismning uzunligi 100±1 mm, kengligi 50±0,5 mm, qalinligi 0,5 mmdan 5 mmgacha. Sinovdan oldin namunalar ISO 139:2005 xalqaro standartiga muvofiq standartlashtirilgan iqlim sharoitida (harorat 20±2 °C, nisbiy namlik 65±2%) majburiy konditsion sharoitda 24 soat ushlanadi. Namunani kiln qisqichlarga mahkamlanib, namunaning pastki chetini mahkamlangan qisqichga o'rnatish 13 va klin 20 F=20-25 N kuch bilan mahkamlanadi. Namunani harakatlanuvchi qisqich 12 ning yuqori chetini o'rnatish va vertikaligini tekshirish lozim.

Dastlabki kuchni yaratish vint 18 yordamida kerakli kuchlanish qiymati o'rnatiladi, bu datchik 21 tomonidan boshqariladi. 18 tortish vintning silliq aylanishi datchik 21 orqali kuchni boshqariladi, bunda 30 soniya davomida ta'sir qilishi va zarur bo'lganda, holatni sozlash imkonini beradi.

Sinov ko'rsatkichlarini o'rnatishda amplituda chastotasi datchik Hall 11 o'rmini o'zgartirish orqali rostlanadi, kuchlash ko'rsatkichlarini o'rnatishda esa krivoship 7 orqali harakat amplitudasini o'rnatiladi va elektrodvigatel 2 aylanish tezligini sozlanib, tanlangan amplitudaga muvofiq Hall sensori 11 ni sozlanadi.



2-rasm. Qurilmaning umumiy ko'rinish chizma sxemasi

1-Asosiy qism; 2- elektr dvigatel; 3,5 - shkivlar; 4- klinli tasma; 6-disk; 7,8- krivoship; 9- tayanch; 10-yo'riqnoma (polzun); 11- Hall datchigi; 12,13-qisqichlar; 14- chiziqli podshipnik; 15-slayder; 16,17- gaykalar; 18- vint; 19-klinli qisqichlar; 20-mahkumlagich; 21- datchik; 22-mato namunasi.

Sinovni amalga oshirish uchun elektr dvigatel 2 yoqilganda, uzatish harakatiga keltiriladi, bu esa krivoship-shatun 12 mexanizmi orqali harakatlanuvchi qisqichning o'zaro harakatini hosil qiladi. Bu harakat mato namunasining davriy cho'zilishiga olib keladi.

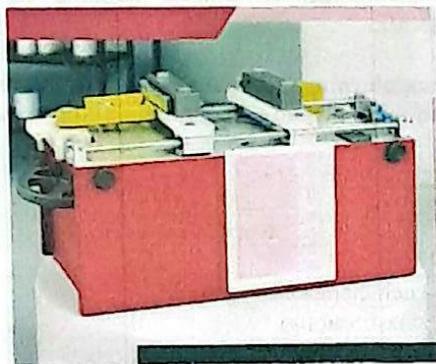
Elektr dvigatel ishga tushganda, sinov ko'rsatkichlari - joriy yuk, davrlar soni va amplituda harakati nazorat qilinadi. Sinov ko'rsatkichlarini avtomatik qayd qilish tizimining mavjudligi, barcha sensorlardan signallar mikroprotsessorni boshqarish blokiga yuboriladi, bunda esa birinchi navbatda qayta ishlanadi va doimiy xotirada saqlanishi, bu esa nafaqat real vaqt rejimida sinov jarayonini kuzatish, balki olingan natijalarni keyingi batafsil tahlil qilish imkonini berishi haqida to'liq ma'lumotlar berilgan. Sinov jarayoni namunani qisqichlarga o'rnatish bilan boshlanadi, qisqich moslamalarining konstruksiyasi esa namunaning qat'iy vertikal holatini va kuchning

uning kengligi bo'ylab bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi. Dastlabki kuchni yaratilgandan so'ng, uning qiymati sinovdan o'tkazilayotgan mato turiga qarab tanlanadi, yuritma yoqiladi va namunaga boshlang'ich kuch qo'yiladi. Kuch berish chastotasi va amplitudasi nazorat qilish tizimi tomonidan yuqori aniqlik bilan ta'minlanadi, bu esa sinov natijalarining takrorlanishini ta'minlaydi. Qurilmaning konstruksiyasi uni yanada modernizatsiya qilish imkoniyatini nazarda tutadi. Konstruksiya ta'minotni oson yangilash va mexanik qismga sezilarli o'zgarishlar kiritmasdan yangi funksiyalarni qo'shish imkonini beradi. Qurilmaning analitik imkoniyatlarini kengaytiradigan qo'shimcha sensorlar va o'lchash moslamalarini ulash mumkin (3-jadval).

3-jadval
Trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun takomillashirilgan qurilmaning texnik tavsifi

Ko'rsatkichlar nomi	Qiymatlar
Kuch xarakteristikasi	
Maksimal kuch	100 N
Dastlabki kuch diapazoni	0-50 N
Kuchni o'lchash xatoligi	±3 %
Kinematik xarakteristikasi	
Harakatlanish amplitudasi	0-50 mm
Davriy kuch chastotasi	0,1-5 Gts
Harakatlar o'lchash aniqlash	±0,01 mm
Maksimal davrlar soni	10 ⁷
Privod ko'rsatkichi	
Elektr dvigatel quvvati	0.25 kVt
Tezlik o'zgarishi diapozoni	0-1500 ayl/min
Uzatish turi	klinoremenli
O'lchash tizimi	
Datchik kuchi tur	tenzometrik
Datchik harakatlanish turi	Chiziqli enkoder
Datchik chastotasi	100 Gts
Ma'lumotlarni saqlash hajmi	1 GB
Gabarit o'lchami va massasi	
Uzunligi	800 mm
Eni	400 mm
Balandligi	350 mm
Massasi	45 kg
Elektr ko'rsatkichlari	
Kuchlanish	220 V
Quvvati	400 Vt dan ko'p
Himoya klassi	IP54
Metrologik xususiyati	

Deformatsiyani o'lchash xatoligi	±2%
Chastota xatoligi	±2%
Kuchni o'lchash xatoligi	±3 %
Natijalar takrorlanishi	95%
Namuna ko'rsatkichlari	
Namuna eni	50 ± 0.5 mm
Ishchi uzunlik	100 ± 1 mm
Qalinligi	0.5-5 mm



3-rasm. Trikotaj matolar uchun ko'p davrli cho'zilish deformatsiyani aniqlash uchun takomillashtirilgan qurilma.

Takomillashtirilgan qurilma davriy kuch ta'sirida trikotaj matolarning cho'zilish deformatsiya xususiyatlari haqida keng qamrovli ma'lumot olish imkonini beradi. Yuqori o'lchov aniqligi, natijalarning takrorlanishi va ishning ishonchligi tadqiqot maqsadlarida ham, ishlab chiqarish sharoitida mahsulot sifatini nazorat qilish uchun ham samarali foydalanishni ta'minlaydi. Uzoq muddatli uzluksiz ishlash va natijalarni avtomatik yozib olish imkoniyati to'qimachilik matolarining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasida qoldiq deformatsiya miqdorini aniqlash asosida shakl saqlash xususiyatini o'rganish imkoniyatini beradi. Qurilmada o'tkazilgan sinovlar uning belgilangan texnik talablarga to'liq muvofiqligini ko'rsatdi.

Dissertatsiyaning "Trikotaj matolarning qoldiq davriy deformatsiyasini tajriba yo'li bilan aniqlash va natijalarni tahlil qilish" nomli to'rtinchi bobida tadqiqotning kirish va chiqish omillarini tanlandi. To'liq omilli tajriba o'tkazish uchun 3ta bog'liq bo'lmagan faktorlar tanlandi: X_1 - davriy kuch chastotasi, Gts; X_2 - Siljish amplitudasi, mm; X_3 - Dastlabki kuch, N. Tajriba rejasi tuzildi, to'liq omilli tajriba o'tkazildi va olingan natijalar qayta ishlandi.

Chiquvchi ko'rsatkich sifatida matoning Y_1 - matoning nisbiy cho'zilishi (ϵ , %) Y_2 - matoning chidamliligi (qoldiq deformatsiya miqdori 25 % bo'lgandagi davrlar soni) tanlandi.

Olib borilgan nazariy tahlillar (2-bob) va dastlabki tadqiqotlar asosida trikotaj to'qimalarining deformatsion xususiyatlariga ta'sir qiluvchi uchta asosiy omilni aniqladik (4-jadval).

4-jadval
Tajriba omillari va ularning variatsiya darajalari

Omil	Belgilash	Quyri daraja (-1)	Yuqori daraja (+1)	Variatsiya intervali	Asosiy daraja
davriy kuch chastotasi	$X_1 (f)$	3,3 Gts	5,0 Gts	$\Delta f = 0,85$ Gts	$f_0 = 4,15$ Gts
Siljish amplitudasi	$X_2 (A)$	5 mm	50 mm	$\Delta A = 22,5$ mm	$A_0 = 27,5$ mm
Dastlabki kuch	$X_3 (P)$	10 N	50 N	$\Delta P = 20$ N	$P_0 = 30$ N

Metodologik asos sifatida biz 2^3 turdagi klassik to'la faktorli eksperimentni (TFE) qo'lladik, u o'zgaruvchan ko'rsatkichlar darajalarining barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalarini amalga oshirish orqali faktorli fazoni har tomonlama o'rganishni nazarda tutadi. Ushbu yondashuv nafaqat har bir omilning alohida ta'sirini o'rganishni, balki ularning o'zaro ta'sirining sinergetik va antagonistik ta'sirlarini aniqlashni ham ta'minlaydi.

Matoning chidamliligi (N) - namunaning qoldiq deformatsiyasi 20 % qadar yoki taranglik kuchi tushishining kritik darajasiga yetgunga qadar davrlar soni (odatda dastlabki yuklamaning 70%). Eksperimental tadqiqotlar natijalari 5-jadvalda keltirilgan. Keltirilgan ma'lumotlar beshta parallel sinovlarning o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

5-jadval
Eksperimental tadqiqotlar natijalari

Tajriba raqami	Chastota, Gts	Amplitud a, mm	Kuch, N	Cho'zilish h, % (Y_1)	davrlar soni (Y_2)	Standart farq Y_1	Standart farq Y_2
1.	3,3	5	10	10,4	50145	0,52	1420
2.	5,0	5	10	11,5	45600	0,61	1380
3.	3,3	50	10	20,7	24195	0,98	980
4.	5,0	50	10	22,9	20710	1,12	830
5.	3,3	5	50	15,4	36715	0,75	1220
6.	5,0	5	50	17,2	32410	0,82	1150
7.	3,3	50	50	27,6	15105	1,45	620
8.	5,0	50	50	30,5	12395	1,52	580

Natijalarning takrorlanuvchanligini baholash va qo'pol xatolarni bartaraf etish uchun eksperimental ma'lumotlarga statistik ishlov berildi.

Regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatliligini tekshirish natijalari 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval

Regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatligini tekshirish

Koeffitsiyent	Y ₁ uchun t-hisobi	Ahamiyatlilik	Y ₂ uchun t-hisobi	Ahamiyatlilik
b ₀	63,19	+	76,78	+
b ₁	3,32	+	4,65	+
b ₂	24,43	+	33,64	+
b ₃	11,65	+	9,03	+
b ₁₂	1,74	-	1,49	-
b ₁₃	1,05	-	0,83	-
b ₂₃	6,27	+	6,65	+
b ₁₂₃	0,61	-	0,51	-

Regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatligini tekshirish asosida quyidagi matematik modellar olindi:

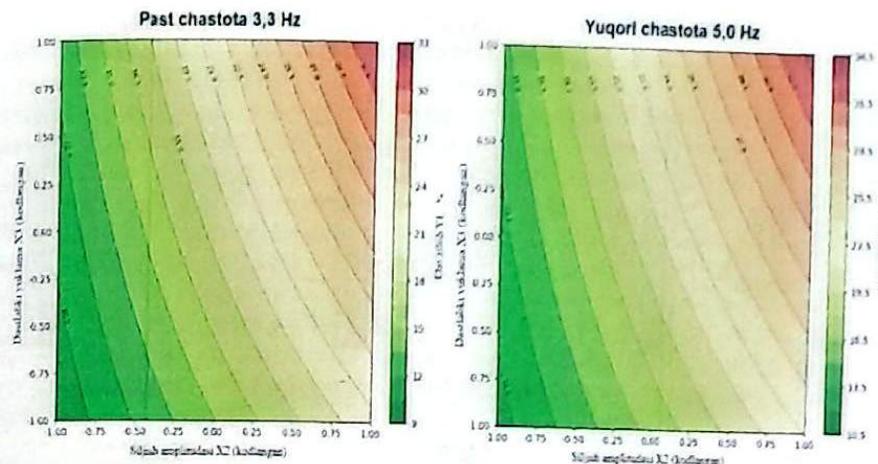
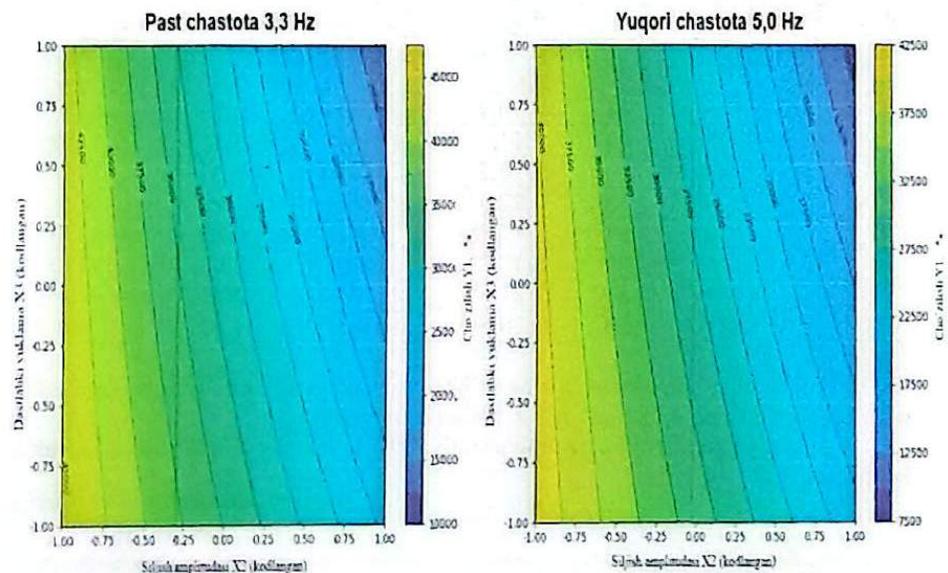
Y₁ javobi uchun (nisbiy cho'zilish):

$$Y_1 = 19,525 + 1,025X_1 + 7,550X_2 + 3,600X_3 + 1,938X_2X_3$$

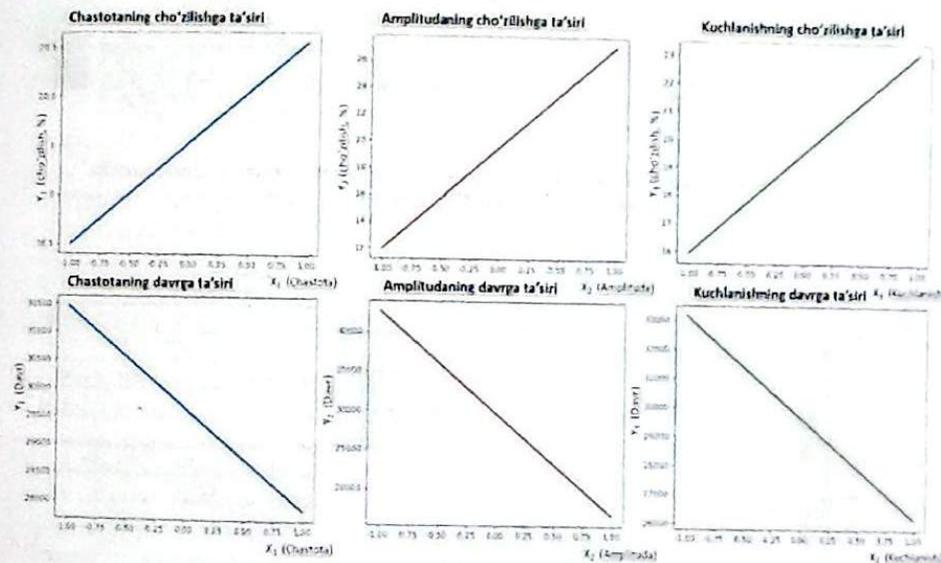
Y₂ javobi uchun (davrlar soni):

$$Y_2 = 29659 - 1,796X_1 - 12,998X_2 - 3,489X_3 - 2,571X_2X_3$$

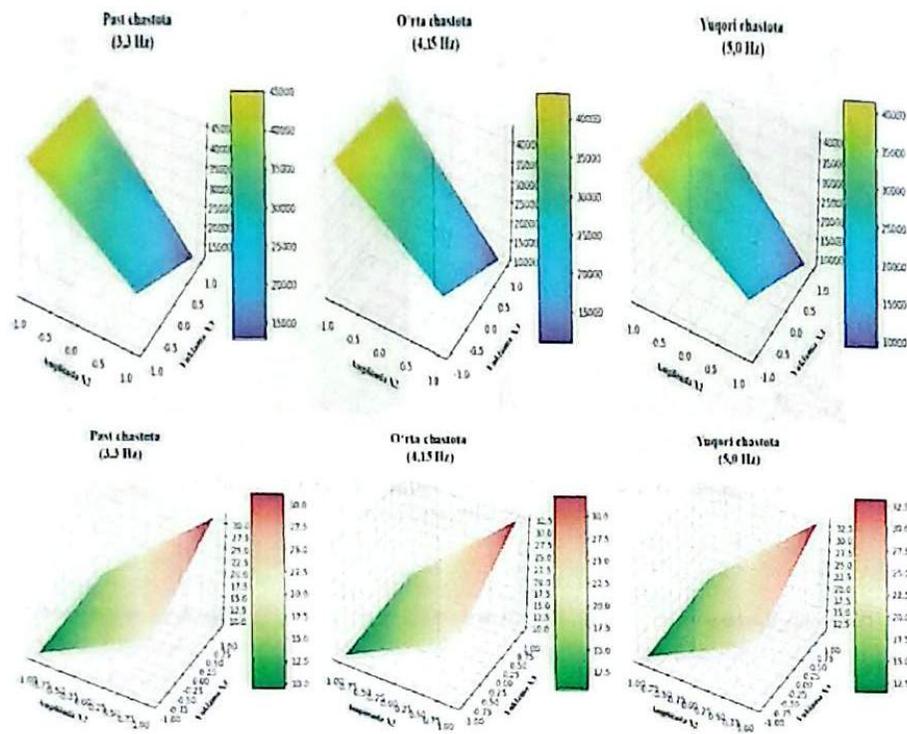
Ushbu omillarning davriy chidamlilikka ta'sirini aniq ko'rsatish uchun davrlar sonining omillarning turli kombinatsiyalariga bog'liqligini ko'rsatadigan izolyatsion grafiklar tuzildi (4-rasm).



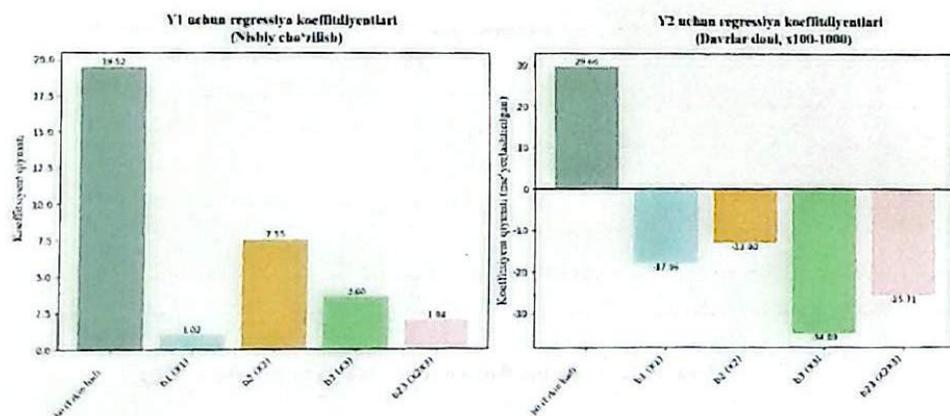
4-rasm. Davrlar sonining (Y₂) siljish amplitudasi va dastlabki kuchga bog'liqligining izolinialari



5-rasm. Kiruvchi omillarni davrlar soniga ta'sirining grafigi



6-rasm. Y_2 ga siljish amplitudasi va dastlabki kuchning o'zaro ta'sirini vizual tarzda tasvirlash uchun 3D ko'rinishi



7-rasm. Y_2 uchun modelning regressiya koeffitsientlarning taqqoslash jadvali

Tajriba o'tkazish rejalashtirilib, trikotaj matolar uchun ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasi tajriba ko'rsatkichlarini muqobillashtirish orqali kompleks muqobil algoritmi ishlab chiqildi, ya'ni ma'lum trikotaj matolar va ish sharoitlari uchun optimal sinov rejimini aniqlash imkonini berdi. Natijada trikotaj matolarning shakl saqlash xususiyatini baholash va ularning foydalanish muddatini oldindan bashoratlash imkoniga erishildi. O'tkazilgan tadqiqotlar va ishlab chiqilgan yondashuvning amaliy sinovlarni asoslash maqsadida mavjud pulsator PKM -1 va takomillashtirilgan ko'p davrli cho'zilish deformatsiya qurilmasida olingan tajriba natijalar taqqoslandi va tajriba natijalariga ko'ra trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlashning mavjud va taklif qilingan (yangi) usullardan foydalangan holda aniqlash bo'yicha sinovlar natijalari o'rtasida statistik jihatdan muhim farq yo'q, ya'ni ular ekvivalent va sinov natijalari ko'rsatkichlari bir xilligi aniqlangan. Bu esa olib borilgan sinov natijalarining to'g'riligini asos qilishga xizmat qiladi.

Trikotaj matosining ko'p davrli cho'zilish deformatsiyasini aniqlash usulini Xorazm viloyati MChJ "Julietta Kids" korxonasi ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazildi va iqtisodiy samaradorlik hisoblandi. Yillik ishlab chiqarishni hisobga olgan holda (100 grammi 8000 so'm bo'lganda, 1 yilda 12 tonna) loyiha sezilarli darajada iqtisodiy samaradorlikka ega. Tahlillar shuni ko'rsatadiki iqtisodiy samaraning asosiy manbalari: yuqori sifatli mahsulot miqdori oshgani (28%), xom ashyoni tejash (27%), nuqsonli mahsulotlar hajmi (23%) ga kamayish, natijada 12 tonna trikotaj kolgotka va paypoq ishlab chiqarilganda, yillik iqtisodiy samaradorlik 39 mln. so'mni tashkil etdi.

UMUMIY XULOSALAR

1. Yengil sanoatida trikotaj mahsulotlarining ulushi yildan-yilga oshib borayotgani, eksport hajmining ortishi va mahalliy korxonalarda energiya tejamon texnologiyalarning joriy etilishi tarmoqning iqtisodiy samaradorligini ta'minlamoqda. Shu bilan birga, bozor talabi matolarning mexanik va elastiklik xususiyatlarini aniqlashni, ayniqsa ko'p davrli cho'zilish jarayonidagi deformatsiya xatti-harakatlarini o'rganish ilmiy-amaliy ahamiyatga ega ekani asoslandi.

2. Trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiya jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan bo'lib, unda matoning tuzilish ko'rsatkichlari (to'qima turi, to'qilish zichligi), dastlabki xomashyoning xususiyatlari (chiziqli zichlik, iplarning eshinishi), yuklanish rejimlari (chastotasi, amplitudasi, davrlar soni) va tashqi omillarning ta'siri (harorat, namlik) hisobga olindi.

3. Trikotaj matolarni sinovdan o'tkazish uchun optimal ko'rsatkichlar nazariy jihatdan asoslab berildi va aniqlandi: oldindan kuch berish diapazonlari; davriy deformatsiyaning amplitudalari; kuch berish chastotalari; kerakli davrlar soni. Sinov ko'rsatkichlari va mato xususiyatlari o'rtasidagi funksional munosabatlar o'rnatildi.

4. Sinov usuli ishlab chiqildi, jumladan: namunalarni standart talabi bo'yicha tayyorlash; qurilmani sinovga tayyorlash; ko'rsatkichlarni nazorat qilish;

natijalarni qayta ishlash. Ushbu usul yordamida trikotaj matolarning ko'p davrli cho'zilish deformatsiya xususiyati haqida ishonchli ma'lumotlarni olish ta'minlandi.

5. Trikotaj matolarni sinashning muqobil ko'rsatkichlari: dastlabki kuch diapazoni (10-50 N), davriy deformatsiya amplitudasi (5-50 mm), kuch chastotasi (0,1-5,0 Gts) va kerakli davrlar soni (10^7 gacha) nazariy jihatdan asoslandi va eksperimental aniqlandi.

6. Ko'p davrli deformatsiyani aniqlash uchun maxsus qurilma takomillashtirildi. Ushbu qurilma $\pm 3\%$ kuchni o'lchash aniqligini, $\pm 2\%$ yuklanish chastotasini saqlash barqarorligini va 10^7 yuklanish davrigacha avtomatik qayd etishni ta'minlaydi.

7. Ko'p davrli cho'zilish deformatsion xususiyatlarni kompleks o'rganish va baholash maqsadida to'liq omilli tajriba amalga oshirildi. Regressiya tenglamasi asosida chiziqli modelning adekvatligini tekshirish uchun esa Fisher mezoni bo'yicha tahlil qilindi va regressiya koeffitsiyentlari bo'yicha baholashda Student mezonidan foydalanildi. Deformatsiya xususiyatlariga eng katta ta'sir siljish amplitudasi (Y_1 uchun 7,550 va Y_2 uchun -12,998 koeffitsientlari), eng kam ta'sir esa davriy kuch chastotasi ekanligi aniqlandi.

8. Sinov natijalari mavjud PKM-1 qurilmasi va yangi ishlab chiqilgan qurilma yordamida taqqoslandi. Statistik tahlil natijalarning ekvivalentligini farq 0,5% dan oshmaydi, $p > 0,05$ qiymatlari tasdiqlandi.

9. Yillik ishlab chiqarishni hisobga olgan holda (100 grammi 8000 so'm bo'lganda, yillik ishlab chiqarish 12 tonna) loyiha sezilarli darajada iqtisodiy samaradorlikka ega. Tahlillar shuni ko'rsatadiki iqtisodiy samaraning asosiy manbalari: yuqori sifatli mahsulot miqdori oshgani (28%), xom ashyoni tejash (27%), nuqsonli mahsulotlar hajmi (23%) ga kamayish, natijada 12 tonna trikotaj kolgotka va paypoq ishlab chiqarilganda, yillik iqtisodiy samaradorlik 39 mln. so'mni tashkil etdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.21.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

АХМЕДОВА МОХИНУР ФАЙЗУЛЛО КИЗИ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МНОГОЦИКЛОВОЙ
ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАСТЯЖЕНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН**

**05.06.01- Материаловедение текстильного и лёгкого промышленного
производства**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент-2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей Аттестационной Комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.3.PhD/Т4912

Диссертация выполнена в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-сайте Ученого совета при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности (www.ityesi.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Убайдуллаева Дилора Хамидовна
доктор философии технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Ханхаджаева Нилуфар Рахимовна
доктор технических наук, профессор

Исматуллаева Халида Зикруллаевна
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон

Защита диссертации состоится 11 марта 2026 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.Т.21.01 при Административном корпусе Ташкентского института текстильной и легкой промышленности. (Адрес: 100100, г.Ташкент, ул.Шохжахон 5, Административный здание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 2 - этаж, аудитория 222. тел.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс: 253-36-17; e-mail: itip_info@edu.uz.)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (зарегистрирована №277). Адрес: 100100, г.Ташкент, ул.Шохжахон 5., тел.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Автореферат диссертации разослан 24 февраля 2026 года.
(реестр протокола рассылки № 277 от 24 февраля 2026 года).


Х.Х. Камилова
Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.З. Маматов
Уполномоченный секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Н.Р. Ханхаджаева
Председатель Научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире спрос на трикотажные изделия в легкой промышленности растёт с каждым годом. Трикотажные полотна отличаются такими свойствами, как высокая эластичность, комфортность и эстетичный внешний вид. По данным мировой статистики, Международная федерация производителей текстиля (ITMF) оценивает, что «в 2023/2024 году объем производства трикотажных изделий достиг 9,1 млн тонн. Пятью крупнейшими экспортерами трикотажных изделий являются Китай, Бразилия, Южная Корея, Италия и Португалия». Трикотажные изделия отличаются высокой эластичностью, комфортом и эстетичным внешним видом. При этом деформационные состояния трикотажных изделий в процессе эксплуатации имеют решающее значение для их качественных показателей и срока службы. Особое внимание уделяется обеспечению стабильности физико-механических свойств трикотажных изделий и сохранению формы изделия в процессе многоциклового деформации.

Во всём мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на углубленное изучение и определение многоциклового деформационного поведения трикотажных полотен, а также на разработку новых научно-технических решений для технических средств, позволяющих проводить предварительную оценку их прочности в технологических процессах. В этом направлении приоритетными считаются исследования по разработке методики определения многоциклового деформации при растяжении трикотажных полотен. В связи с этим особое внимание уделяется значительному повышению уровня качества за счет оптимизации состава трикотажных полотен, а также улучшению их технико-эксплуатационных показателей.

В настоящее время в нашей республике реализуются комплексные меры по развитию ресурсосберегающего оборудования и технологий, позволяющих эффективно использовать трикотажные изделия, и достигаются определенные результаты. Стратегия развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы ставит важные задачи по обеспечению стабильно высоких темпов роста в секторах экономики, увеличению ВВП на душу населения в 1,5 раза в течение следующих пяти лет, а к 2030 году – по увеличению дохода на душу населения до более чем 4 тысяч долларов США и созданию основы для вхождения в ряды «стран с уровнем дохода выше среднего», в результате чего в 2024 году из нашей республики было экспортировано 21,8 тысячи тонн трикотажной продукции. При выполнении этих задач важно создать технически и технологически модернизированные машины, которые, помимо производства готовой продукции из трикотажных изделий и их высококачественной переработки на экспорт, будут осуществляться в соответствии с установленным порядком.

Данная диссертационная работа в определенной степени будет способствовать выполнению задач, поставленных в Указах Президента Республики Узбекистан № ПФ-71 от 1 мая 2024 года «О мерах по развитию текстильной, швейной и трикотажной промышленности», № ПФ-60 от

28 января 2022 года «Об удвоении объемов производства продукции текстильной промышленности» и «Об повышении конкурентоспособности национальной экономики за счет внедрения новых современных технологий», Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы и других нормативно-правовых документах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки и технологий республики «Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы.

Ведущие учёные текстильной отрасли проводили научные исследования видов сырья, технологий производства, типов трикотажных полотен, технологических показателей и факторов, влияющих на физико-механические свойства трикотажных полотен, а также разработку, создание и внедрение различных измерительных приборов. Среди них И. Фридрих, Р. Джонсон, Дж. Смит, С. Ким, Й. Лю, Р. Патель, Й. Э. Харима, С. Ерисуз, М. Ямаока Такаши, А. Пинар, К. Копнас, П. Бернард Корбман, Л. Оскарссон и др.

Фундаментальные работы по разработке теоретико-методологических основ технологии трикотажного производства выполнили А. С. Далидович, Л. И. Кудрявин, В. М. Лазаренко, И. Г. Ситович и др.; О. Н. Марисова, М. М. Мукимов проводили научные исследования влияния структурных элементов трикотажных полотен на их свойства. В научных исследованиях, проводимых в направлении эффективного использования местного сырья в производстве трикотажных полотен, наши ученые Б.Ф. Мирусманов, А.Е. Исабаев, Н.Р. Ханхаджаева, Д.Х. Убайдуллаева, К.М. Холиков, Г.Х. Гуляева провели плодотворные исследования.

Анализ литературы показывает, что большинство исследований охватывали лишь часть проблем и были направлены на получение видов тканей с высокими формоустойчивыми свойствами путем изучения физико-механических свойств трикотажных изделий. Однако в нашей республике научные исследования по многоциклового деформации удлинения трикотажных полотен при определении качественных показателей трикотажных полотен проводились недостаточно. Это обстоятельство дает основание для проведения исследований по совершенствованию прибора для более широкого изучения формоустойчивости трикотажных полотен и определения их деформационных свойств.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках хозяйственного договора № 07/2025 с ТТИСн и ООО «AI Hakim plyus» на тему «Разработка способов повышения качества текстильной продукции».

Целью исследования является разработка метода оценки многоциклового деформации растяжения для определения срока эксплуатации трикотажных полотен.

Задачи исследования:

Анализ существующих методов и приборов для определения деформационных свойств трикотажных полотен;

разработка новой математической модели, описывающей процесс многоциклового деформации трикотажных полотен при растяжении;

усовершенствование испытательного прибора, обеспечивающего прикладывать начальную силу, контролировать ее показатели и автоматически регистрировать результаты;

разработка метода определения многоциклового деформации при растяжении, позволяющего оценивать свойства формоустойчивости трикотажных полотен;

применение разработанного метода на практике и определение экономической эффективности.

Объектом исследования являются образцы трикотажных полотен и прибор для определения их многоциклового деформации при растяжении.

Предметом исследования метод и средства определения многоциклового деформации при растяжении, а также основные показатели усовершенствованного прибора.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы математико-статистические методы расчета, компьютерные программы обеспечения, теоретико-экспериментальные методы, позволяющие получить результаты исследований.

Научная новизна исследования:

разработана новая математическая модель, описывающая процесс многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен, основанная на учёте зависимости сила – деформация – число циклов;

усовершенствован прибор, обеспечивающий приложение начальной силы при многоциклового растяжении трикотажных полотен, точный и непрерывный контроль показателей, а также автоматическую регистрацию результатов;

разработан новый метод оценки формоустойчивости и срока службы трикотажных полотен при многоциклового деформации растяжения с использованием усовершенствованного прибора;

с применением усовершенствованного прибора для определения многоциклового деформации растяжения установлены оптимальные значения показателей относительного удлинения и прочности на основе уравнений регрессионной математической модели.

Практический результат исследования заключается в следующем:

в целях оценки свойств формоустойчивости усовершенствован прибор для определения многоциклового деформации растяжения;

усовершенствованный прибор для определения многоциклового остаточной деформации при растяжении оснащён автоматизированной системой управления процессом испытаний, обеспечивающей контроль начальной силы и параметров испытания (частоты, амплитуды и числа циклов), а также определение величины остаточной циклической деформации. По данному

прибору подана заявка в Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан;

разработан метод определения остаточной деформации трикотажного полотна с использованием прибора для многоциклового деформации растяжения и внедрён в лабораториях производственных предприятий.

Достоверность результатов исследования. Диссертация основана на использовании стандартных и авторских методик, обработкой экспериментальных данных с использованием методов математической статистики, высокой сходимостью результатов теоретических расчётов по разработанной математической модели с данными экспериментальных исследований, хорошей воспроизводимостью результатов при повторных испытаниях, а также положительными итогами сравнительных производственных испытаний и актом внедрения усовершенствованного прибора и методики на предприятии.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обусловлена тем, что научно обоснован метод описания процесса многоциклового деформации растяжения и разработана математическая модель процесса многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен.

Практическая значимость результатов исследования объясняется совершенствованием прибора для определения многоциклового деформации трикотажных материалов, а также разработкой методики проведения испытаний и программного обеспечения для автоматизации измерений.

Внедрение результатов исследования. На основании результатов, полученных при разработке методики определения многоциклового деформации при растяжении трикотажных полотен и определения срока службы при оценке их качества:

предложенная методика определения многоциклового деформации при растяжении трикотажных полотен была внедрена на предприятиях, находящихся под контролем Ассоциации «Узбекская текстильная промышленность», включая общества с ограниченной ответственностью «JULIETTA KIDS» и «JULIETTA» в Хорезмской области (Справка Ассоциации «Узбекская текстильная промышленность» № 02/06-2787 от 28 ноября 2025 г.). В результате, благодаря усовершенствованному устройству для определения многоциклового деформации при растяжении, полученному в производственных условиях, процент брака снизился с 8,5% до 2,2%, время испытаний сократилось с 8 часов до 2,5 часов, а расход сырья снизился с 12,8% до 1,2%.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационной работы обсуждались в общей сложности на 7 научно-практических конференциях, в том числе 3 международных, 4 республиканских.

Публикация результатов исследований.

В общей сложности по теме исследования опубликовано 12 научных работ, из которых 5 статьи (2 в республиканских и 3 в зарубежных журналах)

опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, получен патент № DGU 54222 от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан и подана заявка № IAP 20240613.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 96 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и необходимость темы диссертационного исследования, определены цель и задачи исследования, сформулированы объект и предмет исследования, отражено соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость исследования, приведены сведения о внедрении результатов в практику, опубликованных работах, а также о структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «Анализ научных исследований, проведенных по оценке деформационных свойств трикотажных полотен», констатируется: «Отсутствует комплексный метод определения многоциклового деформации растяжения, учитывающий специфику условий эксплуатации трикотажных полотен;

Влияние частоты и амплитуды периодической силы на деформационные характеристики изучено недостаточно;

Методы оценки надежности срока службы трикотажных полотен по результатам кратковременных испытаний не разработаны.

В связи с этим требуется математическое моделирование процесса многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен, определение технологических параметров испытаний по структурным параметрам, разработка метода определения многоциклового деформации растяжения, теоретическое обоснование конструкции прибора и проведение экспериментов».

Во второй главе диссертации «Теоретические основы многоциклового деформации растяжения» разработано математическое моделирование процесса многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен, определены технологические параметры испытаний структурных параметров трикотажных полотен, теоретическое обоснование конструкции устройства для определения многоциклового деформации растяжения и методики испытаний.

При создании математической модели были реализованы следующие основные положения:

1. Трикотажные полотна рассматриваются как высокоэластичные анизотропные ткани.

2. Деформация трикотажных полотен состоит из процесса релаксации (обратимой и необратимой деформации).

3. Процесс релаксации подчиняется экспоненциальному закону.

4. Под действием периодической силы структура трикотажных полотен постепенно изменяется.

Подставив все коэффициенты в формулу полной деформации, получаем следующее уравнение:

$$\epsilon(t, N) = K_{\square} \cdot \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \cdot (1 + \psi \cdot W) \left[\frac{\sigma(t)}{E(N)} + \frac{\sigma(t)}{\eta(N)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + \epsilon_{p\infty} \cdot (1 - e^{-\lambda N}) \right]$$

Экспериментальная проверка предложенной модели проводилась на образцах трикотажных полотен различных переплетений. На рисунке 1 представлены экспериментальные и расчетные кривые деформации.

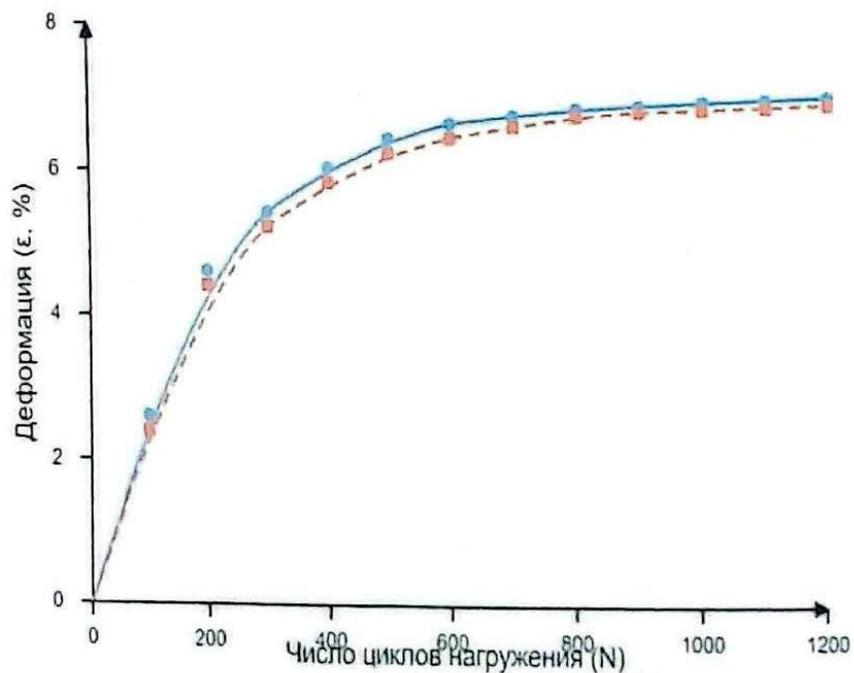


Рис. 1. Сравнение экспериментальных и расчетных кривых деформации

Экспериментальные испытания проводились на основных видах трикотажных полотен – кулирный, интерлок, комбинированный. Характеристики исследованных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики исследованных образцов

№ образца	Вид переплетения	Состав сырья	Поверхностная плотность, г/м ²	Плотность по горизонтали Pt, петель/100 мм	Плотность по вертикали Pv, петель/100 мм	Линейная плотность нити T, текс	Начальный модуль упругости E ₀ , МПа	Коэффициент сжатия и жесткости β	Пределная пластическая деформация ε _{п0} , %
1	Кулирное	Хлопок 100%	180	75	90	15,4	480	0,15	6,8
2	Двуластичное	Хлопок/Полиэстер 65/35%	220	92	115	18,2	520	0,12	5,2
3	Комбинированное	Полиэстер 100%	195	84	102	12,6	560	0,10	4,5
4	Кулирное	Вискоза/Эластан 92/8%	170	78	95	14,8	420	0,18	7,2
5	Двуластичное	Шерсть/Полиамид 70/30%	240	68	86	20,4	540	0,14	5,8
6	Комбинированное	Акрил/Хлопок 50/50%	205	82	104	16,5	495	0,13	6,4

Таблица 2

Параметры математической модели деформации

№ образца	Коэффициент структуры K _с	Время релаксации τ, с	Коэффициент скорости накопления λ	Критическое напряжение σ _{кр} , МПа	Погрешность расчета, %
1	1.20	0.8	0.0045	28.8	3.8
2	1.32	0.7	0.0038	32.5	4.5
3	1.24	0.6	0.0032	35.6	5.2
4	1.18	0.9	0.0050	26.4	4.2
5	1.35	0.8	0.0040	33.2	5.0

Для оценки адекватности созданной математической модели использовался критерий Фишера:

Расчётное значение точного критерия Фишера для всех исследованных выборок не превысило критического значения на уровне значимости 0,05, что подтверждает адекватность модели.

В третьем разделе под названием «Совершенствование прибора для определения многоциклового деформации растяжения.» разработано специальное пульсаторное устройство для исследования деформационных свойств трикотажных полотен, а также приведено исследование программного устройства, конструкция которого обеспечивает точность измерения силовых показателей и простоту регулирования периодического натяжения и частоты.

Схема общего вида прибора на рисунке 2. Стенд состоит из основной плиты 1, на которой установлен электродвигатель 2, передающий вращательное движение через клиноременную передачу, включающую шкивы 3 и 5, а также клиновой ремень 4. Вращение от шкива 5 передается на диск для регулировки

положения кривошипа 6. Кривошипно-шатунный механизм, состоящий из кривошипа 7 и шатуна 8, преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное перемещение подвижного ползуна 12. Ползуны (подвижный 12 и неподвижный 13) установлены на направляющих 10 с использованием линейных подшипников 14 и опор 9, что обеспечивает высокую точность движения и минимизирует трение.

Для закрепления образца 22 используются клиновые зажимы 19 с фиксирующими клиньями 20, которые обеспечивают надежное крепление материала и исключают его проскальзывание во время испытаний. Предварительное натяжение образца осуществляется при помощи винта 18 с гайками 16 и 17. Величина предварительного натяжения контролируется датчиком 21, что позволяет точно задавать начальные условия испытания.

Количество циклов нагружения отслеживается датчиком Холла 11, оснащенный ползушкой, положение которой может регулироваться на направляющей в зависимости от требуемой амплитуды пульсации. Такая конструкция датчика обеспечивает возможность адаптации стенда под различные режимы испытаний, что является важным преимуществом совершенствованного устройства.

На основе совершенствованного экспериментального стенда была создана методика проведения испытаний трикотажных полотен на многоцикловую деформацию. Конструкция стенда обеспечивает все необходимые режимы испытаний и контроль их параметров.

Методика проведения испытаний включает следующие этапы:

Подготовка образца ткани - образец 22 вырезается в соответствии с требованиями нормативной документации и закрепляется в клиновых зажимах 19 с помощью клиньев 20 (рис. 2).

Подготовка прибора: проверка работоспособности всех систем, установка требуемой частоты нагружения и регулировка амплитуды перемещения. В методике испытаний особое внимание уделяется подготовке образцов. Трикотажные материалы формируются со строго регламентированными параметрами: длина рабочей части — 100 ± 1 мм, ширина — $50 \pm 0,5$ мм, толщина — от 0,5 до 5 мм. Перед испытанием образцы выдерживаются в стандартных климатических условиях в соответствии с международным стандартом ISO 139:2005 (температура 20 ± 2 °C, относительная влажность $65 \pm 2\%$) в течение 24 часов.

Образец закрепляется в клиновых зажимах: нижний край образца устанавливается в неподвижный зажим 13 и фиксируется клином 20 с усилием $F = 20-25$ Н. Затем верхний край образца устанавливается в подвижный зажим 12, после чего проверяется его вертикальное положение.

Создание предварительного натяжения: с помощью винта 18 устанавливается необходимое значение предварительного натяжения, которое контролируется датчиком 21. Плавное вращение натяжного винта 18 обеспечивает регулирование усилия через датчик 21; при этом нагрузка

выдерживается в течение 30 секунд и при необходимости допускается корректировка положения.

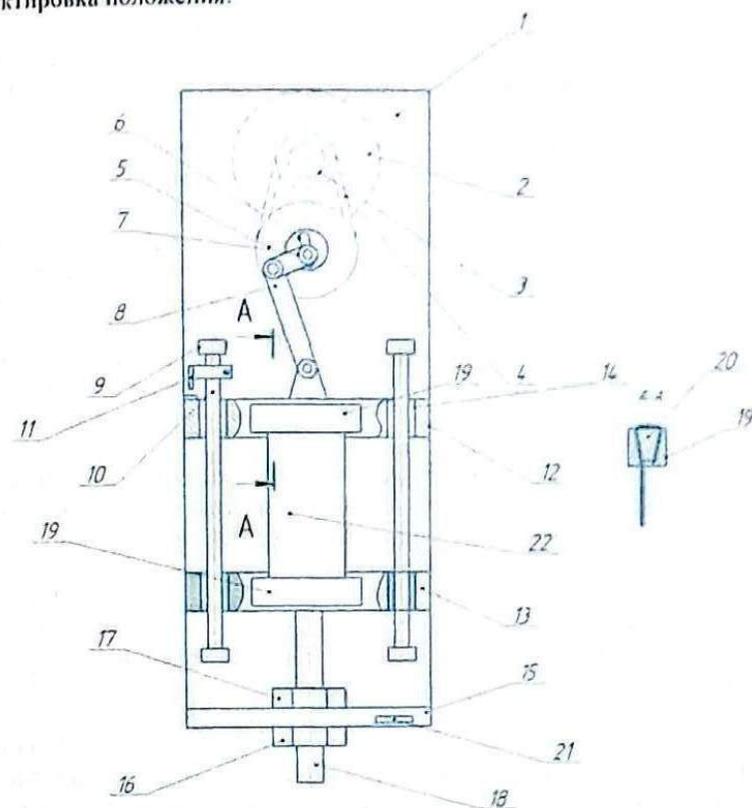


Рис.2. - Схема общего вида прибора

1-Плита; 2- электродвигатель; 3,5- шкивы; 4- ремень; 6,7- кривошип; 8-шатуна;
9- опора; 10-линейных подшипник; 11-датчик Холла; 12,13- подвижный и неподвижный ползуны; 14-подшипник; 16,17-гайки; 18-винт; 19-зажимы; 20-клин; 21-датчик; 22-образец.

При установке параметров испытания частота амплитуды регулируется путем изменения положения датчика Холла 11. Показатели нагрузки настраиваются посредством кривошипа 7, с помощью которого задается амплитуда движения, а также путем регулирования скорости вращения электродвигателя 2; при этом датчик Холла 11 настраивается в соответствии с выбранной амплитудой.

Для проведения испытания включается электродвигатель 2, который приводит в движение передаточный механизм, создающий посредством кривошипно-шатунного механизма возвратно-поступательное движение

подвижного зажима 12. Данное движение вызывает периодическое растяжение образца ткани.

При запуске электродвигателя контролируются параметры испытания — текущая нагрузка, количество циклов и амплитуда движения. Наличие системы автоматической регистрации параметров обеспечивает передачу сигналов со всех датчиков в микропроцессорный блок управления, где они первично обрабатываются и сохраняются в постоянной памяти. Это позволяет не только осуществлять мониторинг процесса испытания в режиме реального времени, но и проводить последующий детальный анализ полученных результатов.

Процесс испытания начинается с установки образца в зажимы. Конструкция зажимных устройств обеспечивает строго вертикальное положение образца и равномерное распределение нагрузки по его ширине. После создания начального усилия его величина выбирается в зависимости от типа испытываемого трикотажного материала, затем включается привод и к образцу прикладывается заданная нагрузка. Частота и амплитуда нагружения обеспечиваются системой управления с высокой точностью, что гарантирует воспроизводимость результатов испытаний.

Конструкция устройства предусматривает возможность дальнейшей модернизации. Она позволяет легко обновлять программное обеспечение и добавлять новые функции без существенных изменений механической части. Также возможно подключение дополнительных датчиков и измерительных приборов, расширяющих аналитические возможности устройства. В таблице 3 приведены технические характеристики усовершенствованного прибора для определения многократной циклической деформации растяжения трикотажных материалов.

Таблица 3

Технические характеристики усовершенствованного прибора для определения многоциклового деформации трикотажных полотен

Наименование параметра	Значение
Силовые характеристики	
Максимальная нагрузка	100 Н
Диапазон предварительной нагрузки	0-50 Н
Точность измерения нагрузки	±3%
Кинематические характеристики	
Диапазон амплитуды перемещения	0-50 мм
Частота циклического нагружения	0,1-5 Гц
Точность измерения перемещения	±0,01 мм
Максимальное число циклов	10 ⁷
Параметры привода	
Мощность электродвигателя	0,25 кВт
Диапазон регулирования скорости	0-1500 об/мин
Тип передачи	Клиновременная
Измерительная система	
Тип датчика силы	Тензометрический

Тип датчика перемещения	Линейный энкодер
Частота опроса датчиков	до 100 Гц
Объем памяти для хранения данных	1 Гб
Габаритные размеры и масса	
Длина	800 мм
Ширина	400 мм
Высота	350 мм
Масса	45 кг
Электрические параметры	
Напряжение питания	220 В
Потребляемая мощность	не более 400 Вт
Класс защиты	IP54
Метрологические характеристики	
Погрешность измерения деформации	не более 0,5%
Стабильность частоты нагружения	±2%
Воспроизводимость результатов	95%
Параметры образцов	
Ширина образца	50 ± 0,5 мм
Рабочая длина	100 ± 1 мм
Толщина	0,5-5 мм

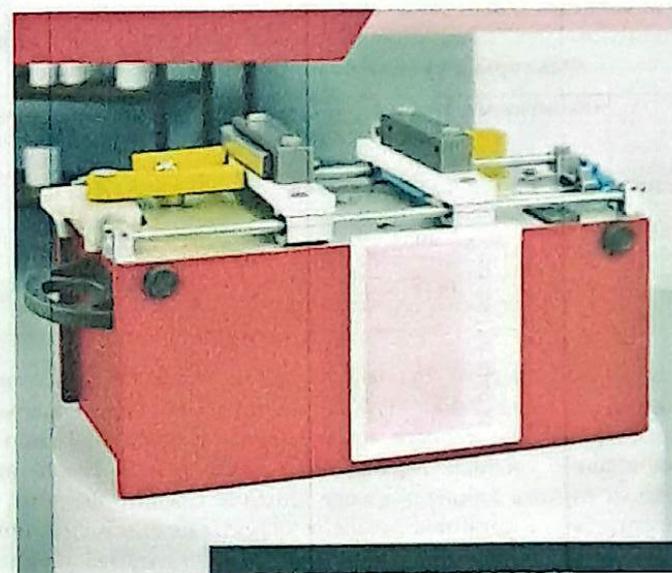


Рис.3. Многоцикловая испытательная установка для определения деформации растяжения трикотажных полотен

Разработанный прибор позволяет получать комплексную информацию о деформационных свойствах трикотажных полотен в условиях циклического

нагружения. Высокая точность измерений, воспроизводимость результатов и надежность работы обеспечивают его эффективное использование как в исследовательских целях, так и при контроле качества продукции в производственных условиях. Возможность длительной непрерывной работы и автоматическая регистрация результатов делают прибор незаменимым инструментом при проведении усталостных испытаний трикотажных полотен.

В четвертой главе диссертации под названием «Экспериментальное определение остаточной многоциклового деформации трикотажных полотен и анализ результатов» были выбраны входные и выходные параметры исследования.

Для полнофакторного эксперимента были выбраны 3 независимых фактора: X_1 – частота периодической силы, Гц; X_2 – амплитуда сдвига, мм; X_3 – начальная сила, Н. Была разработана схема эксперимента, проведен полнофакторный эксперимент и обработаны полученные результаты.

В качестве выходных параметров были выбраны Y_1 – относительное удлинение ткани (ϵ , %); Y_2 – прочность ткани (количество циклов при 25% остаточной деформации).

На основании теоретического анализа (глава 2) и предварительных исследований мы выделили три основных фактора, влияющих на деформационные свойства трикотажных полотен.

Факторы и уровни варьирования

Таблица 4

Фактор	Обозначение	Нижний уровень (-1)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Основной уровень
Частота циклического нагружения	X_1 (f)	3,3 Гц	5,0 Гц	$\Delta f = 0,85$ Гц	$f_0 = 4,15$ Гц
Амплитуда перемещения	X_2 (A)	5 мм	50 мм	$\Delta A = 22,5$ мм	$A_0 = 27,5$ мм
Предварительная нагрузка	X_3 (P)	10 Н	50 Н	$\Delta P = 20$ Н	$P_0 = 30$ Н

В качестве методической основы нами использован классический полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 -го типа, предполагающий комплексное исследование факторного пространства путём реализации всех возможных комбинаций уровней варьируемых показателей. Такой подход позволяет не только изучать индивидуальное влияние каждого фактора, но и выявлять синергетические и антагонистические эффекты их взаимодействия.

Износостойкость ткани (N) – количество циклов до разрыва образца или достижения им критического уровня прочности на разрыв (обычно 70% от начальной нагрузки). Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 5. Представленные данные являются средними значениями пяти параллельных испытаний.

Таблица 5
Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	Частота, Гц	Амплитуда, мм	Нагрузка, Н	Растяжение, % (Y_1)	Количество циклов (Y_2)	Станд. откл. Y_1	Станд. откл. Y_2
1	3,3	5	10	10,4	50145	0,52	1420
2	5,0	5	10	11,5	45600	0,61	1380
3	3,3	50	10	20,7	24195	0,98	980
4	5,0	50	10	22,9	20710	1,12	830
5	3,3	5	50	15,4	36715	0,75	1220
6	5,0	5	50	17,2	32410	0,82	1150
7	3,3	50	50	27,6	15105	1,45	620
8	5,0	50	50	30,5	12395	1,52	580

Для оценки воспроизводимости результатов и исключения грубых ошибок экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке. Результаты проверки значимости коэффициентов регрессии представлены в таблице 6

Проверка значимости коэффициентов регрессии

Таблица 6

Коэффициент	t-расчетное для Y_1	Значимость	t-расчетное для Y_2	Значимость
b_0	63,19	+	76,78	+
b_1	3,32	+	4,65	+
b_2	24,43	+	33,64	+
b_3	11,65	+	9,03	+
b_{12}	1,74	-	1,49	-
b_{13}	1,05	-	0,83	-
b_{23}	6,27	+	6,65	+
b_{123}	0,61	-	0,51	-

На основании проверки значимости коэффициентов регрессии были получены следующие математические модели:

Для отклика Y_1 (относительное удлинение):

$$Y_1 = 19,525 + 1,025X_1 + 7,550X_2 + 3,600X_3 + 1,938X_2X_3$$

Для отклика Y_2 (количество циклов):

$$Y_2 = 29659 - 1,796X_1 - 12,998X_2 - 3,489X_3 - 2,571X_2X_3$$

Для наглядной демонстрации влияния этих факторов на циклическую долговечность были построены графики изоляции, показывающие зависимость количества циклов от различных комбинаций факторов.

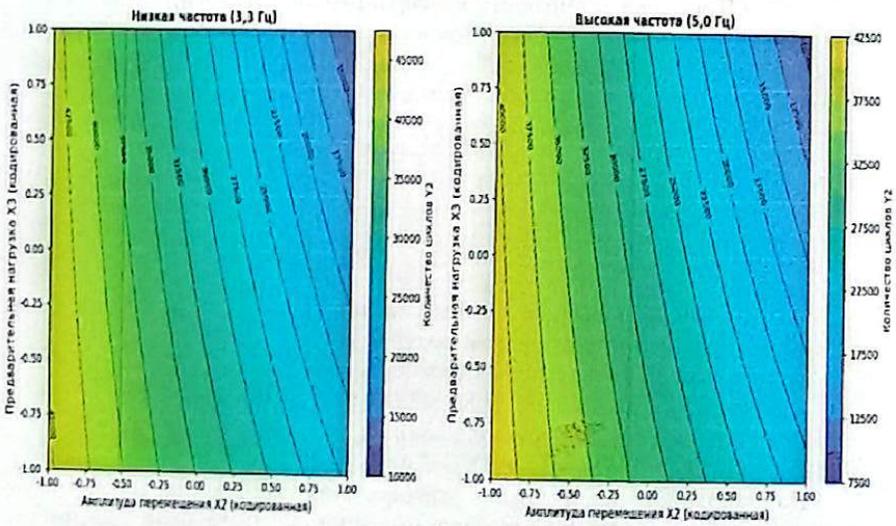
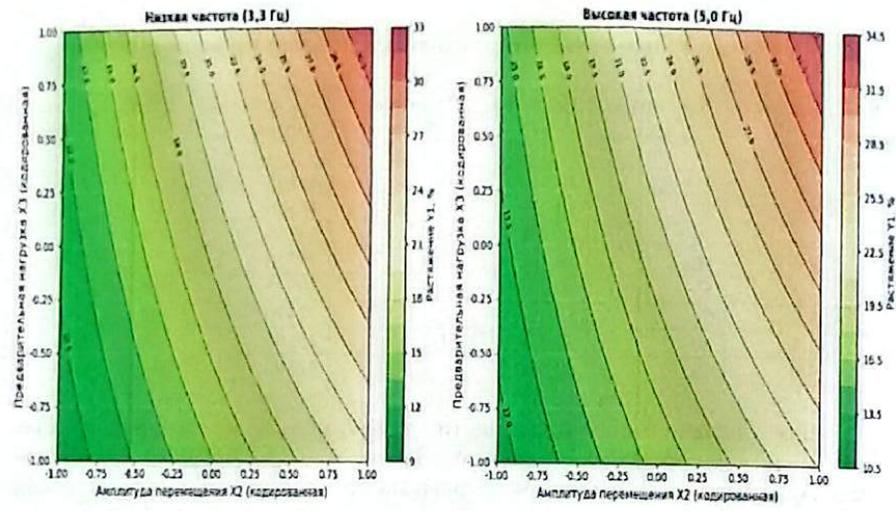


Рис. 4. Изолинии зависимости количества циклов (Y_2) от амплитуды перемещения и предварительной нагрузки

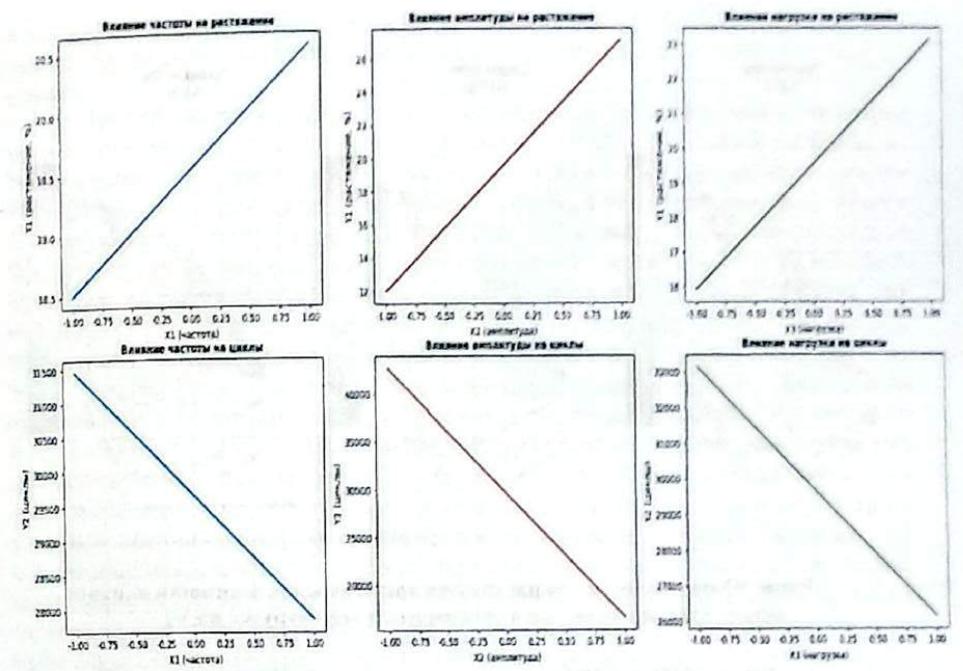
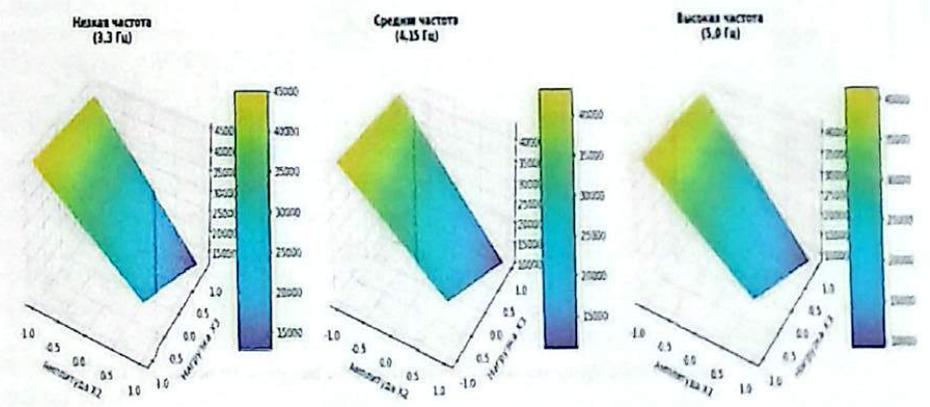


Рис.5. Графики влияния индивидуальных факторов на количество циклов



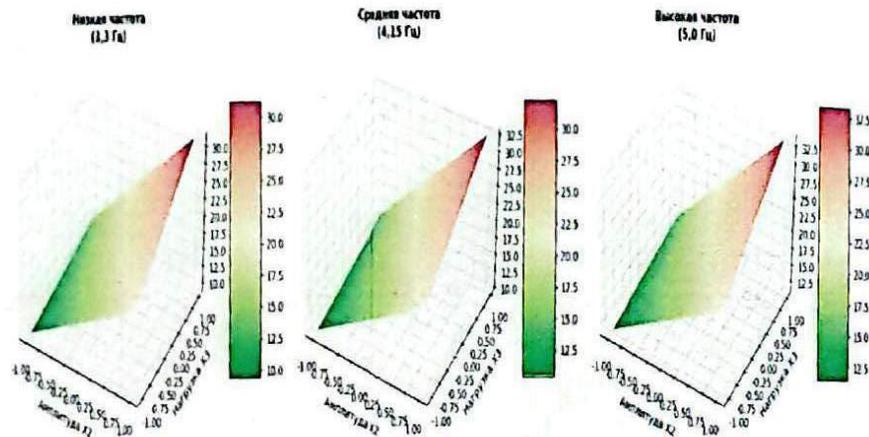


Рис.6. 3D-поверхности для наглядного представления взаимного влияния амплитуды перемещения и предварительной нагрузки на Y_2

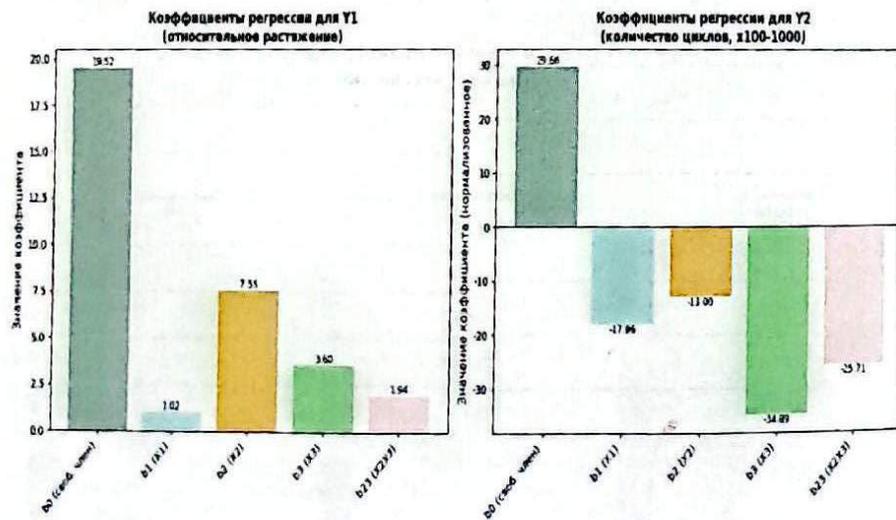


Рис.7. Диаграмма сравнения коэффициентов регрессии модели для Y_2

Был спланирован эксперимент и разработан комплексный альтернативный алгоритм, основанный на сравнении экспериментальных показателей многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен, что позволило определить оптимальный режим испытаний для конкретных трикотажных

полотен и условий эксплуатации. В результате появилась возможность оценивать формоустойчивость трикотажных полотен и прогнозировать их срок службы.

Для обоснования проведенных исследований и практической проверки разработанного подхода проведено сравнение экспериментальных результатов, полученных на действующем пульсаторе ПКМ-1 и усовершенствованном устройстве многоциклового деформации растяжения. Согласно результатам экспериментов, статистически значимой разницы между результатами испытаний по определению многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен существующим и предлагаемым (новым) методами не обнаружено, то есть они эквивалентны, а результаты испытаний идентичны. Это служит обоснованием корректности результатов испытаний.

Метод определения многоциклового деформации растяжения трикотажных полотен был апробирован в производственных условиях на предприятии ООО «JULIETTA KIDS» Хорезмской области и рассчитана его экономическая эффективность. С учётом годового объёма производства (при цене 8000 сумов за 100 граммов и объёме 12 тонн в год) проект обладает высокой экономической эффективностью. Проведённый анализ показал, что основными источниками экономического эффекта являются: увеличение объёма продукции высокого качества (на 28%), экономия сырья (на 27%), а также снижение объёма дефектной продукции (на 23%). В результате при производстве 12 тонн трикотажных колготок и носков годовой экономической эффект составил 39 млн сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доля трикотажных изделий в лёгкой промышленности увеличивается с каждым годом, рост объёмов экспорта и внедрение энергосберегающих технологий на отечественных предприятиях обеспечивают экономическую эффективность отрасли. Вместе с тем, рыночный спрос требует точной оценки механических и упругих свойств тканей, особенно изучения деформационного поведения при многоциклового растяжении.

2. Разработана математическая модель процесса растяжения трикотажных полотен под действием периодических сил, учитывающая структурные параметры ткани (вид переплетения, плотность переплетения), свойства исходного сырья (линейную плотность, крутку пряжи), режимы нагружения (частоту, амплитуду, количество циклов) и влияние внешних факторов (температуру, влажность).

3. Теоретически обоснованы и определены оптимальные параметры для испытания трикотажных полотен: диапазоны предварительного напряжения; амплитуды циклической деформации; частоты напряжения; количество необходимых циклов. Установлены функциональные зависимости между параметрами испытания и свойствами ткани.

4. Разработан метод испытаний, включающий: подготовку образцов в соответствии со стандартными требованиями; подготовку устройства для

испытаний; контроль показателей; обработку результатов. Этот метод обеспечил получение достоверных данных о многоцикловых свойствах растяжения-деформации трикотажных полотен.

5. Альтернативные показатели испытания трикотажных полотен — диапазон начального усилия (10–50 Н), амплитуда циклической деформации (5–50 мм), частота нагрузки (0,1–5,0 Гц) и требуемое число циклов (до 10^7) — теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены.

6. Совершенствован специальное устройство для определения многоциклового деформации, обеспечивающее точность измерения силы $\pm 3\%$, точность измерения перемещения $\pm 0,01$ мм, стабильность частоты нагружения $\pm 2\%$ и автоматическую регистрацию до 10^7 циклов нагружения.

7. Установлено, что наибольшее влияние на деформационные свойства оказывает амплитуда перемещения (коэффициенты 7,550 для Y_1 и -12,998 для Y_2), а наименьшее — частота периодической силы.

8. Проведено сравнение результатов испытаний на существующем приборе ПКМ-1 и разработанном приборе. Статистический анализ подтвердил эквивалентность результатов (разница не превышает 0,5%, $p > 0,05$), что свидетельствует о высокой точности и надежности усовершенствованного прибора.

9. С учётом годового объёма производства (при цене 8000 сумов за 100 граммов и объёме 12 тонн в год) проект обладает высокой экономической эффективностью. Проведённый анализ показал, что основными источниками экономического эффекта являются: увеличение объёма продукции высокого качества (на 28%), экономия сырья (на 27%), а также снижение объёма дефектной продукции (на 23%). В результате при производстве 12 тонн трикотажных колготок и носков годовой экономический эффект составил 39 млн. сумов.

SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/2025.27.12.T.21.01 AT TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE
AND LIGHT INDUSTRY

TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

AXMEDOVA MOXINUR FAYZULLO QIZI

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE MULTI-
CYCLE TENSILE DEFORMATION OF KNITTED FABRICS

05.06.01-Materials science of textile and light industry production

DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF
PHILOSOPHY (PHD) IN TECHNICAL SCIENCES

Tashkent – 2026

The theme of doctor of Philosophy dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan, B2024-J.PhD/T4912.

The doctoral dissertation (PhD) has been prepared at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the website of the Scientific Council (www.tiyesi.uz) and on the website of «Ziynet» information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific Supervisor: Ubaydullaeva Dilora Khamidovna
doctor of philosophy in technical sciences, associate professor

Official opponents: Xanxadjayeva Nilufar Raximovna
doctor of technical sciences, professor

Ismatullayeva Xalida Zikrullayevna
candidate of technical sciences, professor

Leading organization: Uzbek scientific research institute of natural fibers

The defense dissertation will be held on March 11, 2026, at 14⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.03/2025.27.12.T.21.01 on awarding of scientific degrees at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Address: 100100, Yakkasaray district, str. Shokhjakhon street, house-5. Administrative building of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, 2nd floor, room 222, tel.: (+99871) 253-06-06, 253-08-08, fax: 253-36-17, e-mail: titp_info@cdu.uz.)

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (registered number №277). Address: 100100, Tashkent city, Yakkasaray district, str. Shokhjakhon-5, tel.: (+99871) 253-08-08

The abstract of dissertation was distributed on February 24, 2026.
(Registry protocol No.277 dated February 24, 2026).



Kh.Kh. Kamilova
Chairman of the Scientific Council on
awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.Z. Mamatov
Scientific Secretary of the Scientific Council on
awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

N.R. Khunkhadjaeva
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council on awarding
of academic degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

Purpose of the Research: The aim of this study is to develop a method for evaluating multi-cycle tensile deformation to determine the service life of knitted fabrics.

The object of the research consists of knitted fabric samples and a device for determining the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics.

The subject of the research includes the method and means of determining multi-cycle elongation deformation, as well as the main parameters of the improved device.

The scientific novelty of the research is as follows:

a new mathematical model has been developed to describe the process of multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics, based on the force–deformation–number of cycles relationship;

the device for determining the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics has been improved to enable the application of initial loading, precise and continuous monitoring of parameters, and automatic recording of results;

a new method has been developed using the improved device for determining multi-cycle tensile deformation, which makes it possible to evaluate the shape-retention properties and service life of knitted fabrics;

using the improved device, the optimal values of relative elongation and durability indicators for determining multi-cycle tensile deformation have been established through regression mathematical model equations.

The scientific and practical significance of the research results:

The scientific significance of the research results lies in the scientific substantiation of the method for describing the process of multi-cycle elongation deformation and the development of a mathematical model for the multi-cycle elongation deformation process of knitted fabrics.

The practical significance of the research results is explained by the improvement of the device for determining the multi-cycle deformation of knitted fabrics, the creation of a methodology for conducting tests, and the development of software for automating measurements.

Implementation of research results. Based on the results obtained in the development of a method for determining the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics and in establishing their service life for quality assessment purposes, the proposed method for determining the multi-cycle tensile deformation of knitted fabrics was implemented at enterprises under the jurisdiction of the O'zto'qimachiliksanoat Association, including the limited liability companies JULIETTA KIDS and JULIETTA located in the Khorezm region (Reference No. 02/06-2787 dated November 28, 2025, issued by the O'zto'qimachiliksanoat Association).

As a result, through the use of an improved device for determining multi-cycle tensile deformation under production conditions, the defect rate was reduced from 8.5% to 2.2%, the testing time was shortened from 8 hours to 2.5 hours, and

raw material consumption was reduced from 12.8% to 1.2%, achieving significant resource savings.

Approbation of Research Results: The results of the dissertation were discussed at a total of 7 scientific and practical conferences, including 3 international and 4 national ones.

Publication of Research Results: A total of 12 scientific works have been published on the research topic, of which 5 articles (2 in republican and 3 in foreign journals) were published in scientific publications recommended for publication of the main scientific results of doctoral dissertations by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, and patent No. DGU 54222 was obtained from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan and application No. IAP 20240613 was submitted.

Structure and Volume of the Dissertation: The dissertation consists of into an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature, and appendices, comprising a total of 96 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI LIST OF PUBLISHED WORKS СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

I bo'lim (I-часть: part I)

1. Ubaydullaeva D. X. Axmedova M. Ф. Ортикова Н.О. Исследование влияния вида переплетения на физико-механические свойства двухслойного трикотажа // Technical science research in Uzbekistan. Vol 2, Issue 5, 2024. p 43-46 (05.00.00; IF=9576)
2. Ubaydullaeva D. Shumkarova Sh. Gafurova A. Begmanov R. Axmedova M. Abdurakimova. Study of the physical properties of footer knitting. // "Cahiers Magellanes-NS" Vol 3, Issue 6, 2024. 4661-4668 b. (05.00.00; IF=3725)
3. D.H. Ubaydullayeva E.T. Laysheva M.F. Ahmedova F.A. Maxammadova Ikki qabatti trikotaj to'qimalarining mustahkamlik ko'rsatkichini dispersiyalari bo'yicha baholash // Journal of Engineering, Mechanics and Modern Architecture. Vol 2, Issue 5, 2024. 38-41 p. (05.00.00; №12)
4. D.X. Ubaydullayeva, E.T. Laysheva, M.F. Axmedova, R.A. Begmanov Ikki qavvatli trikotaj to'qimalarining bir davrli cho'zilish deformatsiyasi ko'rsatkichlarini parametrik tahlili. // O'zbekiston to'qimachilik jurnali. Ilmiy-texnikaviy jurnal. №1. 73-83 b. 2025. (05.00.00; №17)
5. Ubaydullaeva D., Akhmedova M., Ortikova N. Studying the properties of a shape-stable knitted fabric // AIP Conference Proceedings. – 2025. – Vol. 3304, Issue 1. – Art. no. 030029. (Scopus, CiteScore: 0.7)

II bo'lim (II-часть: part II)

6. Ubaydullaeva D. Shumkarova Sh. Akhmedova M. Begmanov R. Study of the mechanical properties of knitted fabrics. // International conference on energetics, civil and agricultural engineering, 2023, p-433-334.
7. Ubaydullayeva D.X. Ahmedova M.F. Press trikotaj to'qimasining fizik-mexanik xususiyatlarining tadqiqi // "O'zbekistonda yangi iqtisodiy islohotlar sharoitida paxta, to'qimachilik, yengil sanoat va matbaa sohalari texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbollari va muammolari" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. Toshkent, 2024, 232-234 b.
8. Ubaydullaeva D.X. Axmedova M.F. Ortikova N.O. Изучение деформационных характеристик двухслойного трикотажного переплетение // «Обеспечение сейсмической безопасности и сейсмостойкости зданий и сооружений прикладные задачи механики» Международная конференция: Механика, Сейсмостойкость, машиностроение. Ташкент. 2024.
9. D.H. Ubaydullayeva, M.F. Axmedova Press trikotaj to'qimasining fizik-mexanik xususiyatlarining tadqiqi. // "O'zbekistonda yangi iqtisodiy islohotlar sharoitida paxta, to'qimachilik, yengil sanoat va matbaa sohalari texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbollari va muammolari" ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent. 2024. 432-435 b.

10. D.H.Ubaydullayeva, M.F.Axmedova, N.Ortiqova, U.O'rmonova To'qima tuzilishining bir davrli cho'zilish deformatsiyasiga ta'siri // "Xalqaro tajriba: ta'limni modernizatsiyalash sharoitida zamonaviy mashinasozlik va muhandislik yo'nalishida yuqori malakali kadrlar tayyorlash istiqbollari" mavzusiga bag'ishlangan xalqaro ilmiy-amaliy anjumani to'plami. Toshkent.2024.274-277 b.

11. D.X. Ubaydullayeva, E.T.Laysheva, M.F Axmedova. Trikotaj to'qimalarining bir davrli cho'zilish deformatsiyasi ko'rsatkichlarini fisher mezonida baholash // "O'zbekistonda yangi iqtisodiy islohotlar sharoitida paxta, to'qimachilik, yengil sanoat va matbaa sohalari texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbollari va muammolari" respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani.2025. 110-114 b.

12. D.X. Ubaydullayeva, M.F Axmedova., Z.Yunusova. Ikki qavatli lastik trikotaj to'qimalarining texnologik ko'rsatkichlari tadqiqi // "Xalqaro tajriba: ta'limni modernizatsiyalash sharoitida zamonaviy mashinasozlik va muhandislik yo'nalishida yuqori malakali kadrlar tayyorlash istiqbollari" xalqaro ilmiy-amaliy anjuman Toshkent.2025. 364-367 b.

Avtoreferat "O'zbekiston to'qimachilik jurnali" ilmiy texnikaviy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va o'zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (10.12. 2025 y.)

Bosishga ruxsat etildi: 26.02.2026 yil.
Bichimi 60x45 1/8, <<Times New Roman>>
Garniturada raqamli bosma usulida bosiladi.
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 60. Buyurtma №15.
TTYeSI bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri, Shohjaxon ko'chasi, 5-uy.