

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.28.02.2018.Т/ҒМ.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

ИСМОИЛОВА САБИДА ИСРОИЛОВНА

**ТЎҚИМАЧИЛИК САНОАТИНИНГ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИДА
ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН ДИНАМИК КУЧЛАРНИ ҲИСОБГА ОЛИБ
ТЕКСТИЛ ИПЛАРИНИНГ МУСТАҲКАМЛИК НАЗАРИЯСИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

05.06.01 – Тўқимачилик ва енгил саноат ишлаб чиқаришлари материалшунослиги

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Докторлик (Doctor of Science) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации (Doctor of Science)

Contents of the doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Исмоилова Сабида Исроиловна

Тўқимачилик саноатининг технологик жараёнларида
ҳосил бўладиган динамик кучларни ҳисобга олиб
текстил ипларининг мустаҳкамлик
назариясини ривожлантириш.....

3

Исмоилова Сабида Исроиловна

Развитие теории прочности текстильных нитей
с учетом динамических нагрузок, возникающих
в технологических процессах
текстильного производства.....

33

Ismoilova Sabida Isroilovna

Development of the theory of textile yarn strength
with account of dynamic loads occurring
in technological processes of textile production.....

63

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....

67

**МЕХАНИКА ВА ИНШООТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.28.02.2018.Т/ҒМ.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШООТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

ИСМОИЛОВА САБИДА ИСРОИЛОВНА

**ТЎҚИМАЧИЛИК САНОАТИНИНГ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИДА
ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН ДИНАМИК КУЧЛАРНИ ҲИСОБГА ОЛИБ
ТЕКСТИЛ ИПЛАРИНИНГ МУСТАҲКАМЛИК НАЗАРИЯСИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

05.06.01 – Тўқимачилик ва енгил саноат ишлаб чиқаришлари материалшунослиги

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.DSc/T46 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (реюзме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiame.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:	Султанов Карим Султанович физика-математика фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Алимова Халимахон Алимовна техника фанлари доктори, профессор Мардонов Ботир Мардонович физика-математика фанлари доктори, профессор Абдусаттаров Абдусамат техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	«Пахтасаноат илмий маркази» АЖ

Диссертация ҳимояси ЎзР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ва Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 рақамли илмий кенгаш асосида тузилган бир марталик илмий кенгашнинг « 24 » апрель 2019 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй, анжуманлар зали №4. Тел.: (+99871) 237-46-68, факс: 237-38-79, e-mail: admin@tiame.uz)

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (___ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiame.uz

Диссертация автореферати 2019 йил « 4 » апрель кuni тарқатилди.
(2019 йил « 4 » апрелдаги №1 рақамли реестр баённомаси).

М.М. Мирсаидов

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор, академик

Ш.О.Худайназаров

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н., доцент

Р.А. Абиров

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф-м.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (докторлик диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда янги тўқимачилик маҳсулотларини олишнинг илғор технологияларини ишлаб чиқишда ип ва ипли тўқималарнинг механик хусусиятларини ҳисобга олиб, улар мустаҳкамлигини аниқлаш муҳим масалалардан бири бўлиб ҳисобланмоқда. Шу жиҳатдан, пахта ипининг тўқимачилик саноати жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучлар таъсирида юқори тезликларда деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлигини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Нидерландия, Германия, Бельгия, Хитой, Жанубий Корея, Россия, Ўзбекистон ва бошқа ривожланган мамлакатларда ип ва ипли тўқималарнинг мустаҳкамлигини ва механик хусусиятларини аниқлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда¹.

Жаҳонда тўқимачилик саноатининг ривожланиши ва самарадорлигини оширилишига қаратилган ип ва ипли тўқималарнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш усулларини такомиллаштиришга йўналтирилган мақсадли илмий тадқиқот ишлари олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, технологик жараёнларнинг тезлигини ошириш ва тўқимачилик ипларининг узилиши билан боғлиқ бўлган дастгоҳларнинг тўхтаб қолишини камайтириш, иплар узилиши муаммосини ҳал этиш, ипларнинг ҳар хил тезликларида мустаҳкамлигини керакли аниқликда ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шу билан бирга, тўқимачилик саноатининг технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучлар таъсирида пахта ипларининг ночизиқ деформацияланиш қонуниятлари асосида уларнинг кучланганлик деформация ҳолати, мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усулларини ишлаб чиқиш зарур вазифалардан ҳисобланади.

Ҳозирда республикамызда асосий тўқимачилик хом-ашёси ҳисобланган пахта ипининг сифати ва мустаҳкамлигини оширишга, пахта ипларининг кучланганлик деформациясини аниқлашга доир чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан "... миллий иқтисодиётимизнинг рақобатбардошлигини ошириш учун янги замонавий технологияларни жорий этиш..."² вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан тўқимачилик саноатини ривожлантиришда тўқимачилик маҳсулотларининг механик хусусиятларини аниқлаш, пахта ипларининг мустаҳкамлигини ҳисоблаш усулларини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 14 декабрдаги ПФ-5285-сон «Тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини жадал

¹ <https://geographyofrussia.com/legkaya-promyshlennost-mira>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 21 декабрдаги ПҚ-2687-сон «2017-2019 йилларда тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноати янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги ва 2017 йил 29 мартдаги ПҚ-2856-сон «Ўзбекипак саноат уюшмаси фаолиятини ташкил этиш чора тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 25 январдаги 53-сон «Пахта тўқимачилик ишлаб чиқаришини ташкил этишнинг замонавий шакллари жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи³. Ҳозирги вақтда динамик кучлар таъсирида тўқимачилик ипларининг таркибий тузилишлари ҳамда механик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш бўйича жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан Массачусетс технология институти, Шимолий Каролина тўқимачилик институти (АҚШ), Оксфорд университети, Манчестер университети (Буюк Британия), Тўқимачилик машинасозлиги ва юқори технологиялар институти (Германия), Пирей университети (Греция), Гент университети (Бельгия), Вухан тўқимачилик университети (Хитой), Жанубий Корея тўқимачилик муҳандислиги университети (Жанубий Корея), Стамбул техника университети (Туркия), Москва давлат тўқимачилик университети, Санкт-Петербург давлат технология ва дизайн университети, Иваново тўқимачилик академияси (Россия), Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти (Ўзбекистон) томонидан кенг камровли илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Тўқимачилик ипларининг таркиби, механик ва геометрик хусусиятларини ҳисобга олиб, унинг мустаҳкамлигини аниқлаш ва башорат қилиш усулларини такомиллаштиришга доир жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан қуйидаги илмий натижалар олинган: текстил ипларининг чизиқли деформацияланиш қонуниятлари ва тажриба натижалари асосида уларнинг мустаҳкамлиги чизиқли Гук қонуни

³ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқот шарҳи: <https://journals.sagepub.com/home/trj/>; Seyam A-F. M., Lee J.H., Hondge G., Oxenham W., Grant E. Warp Break Detection in Jacquard Weaving Using Micro-Electro-Mechanical Systems: Effect of Yarn Type//TRJ – 2008, PP.664-670; <https://journals.sagepub.com/home/trj/>; Toda M., Glubovska K.E., Ciesielska-Wrobel I.L. Micro-CT Supporting structural Analysis and modeling of Ropes made of Natural Fibers//TRJ –2015, PP.1-14; <https://journals.sagepub.com/home/jcm/>; Shah D.U., Schubel P.J., Clifford M.J. Modeling the effect of Yarn twist on the Tensile Strength of unidirectional Plant Fiber Yarn Composites//Journal of Composite Materials – 2013, PP.425-436; <http://www.fibtex.lodz.pl/>; Shi Feng Jun. Modeling Stretching-Relaxation Properties of Yarns//Fibers&Textiles in Eastern Europe –2013, PP.51-55. ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

орқали ипларнинг ички ишқаланиш жараёнини ҳисобга олган ҳолда аниқланган (Оксфорд университети, Кембридж, Буюк Британия); технологик жараёнларида тўқимачилик ипларининг узилиши сабаблари ипларининг механик хусусиятларига боғлаб аниқланган (Шимолий Каролина тўқимачилик институти, АҚШ); пахта ипларининг мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари чекли элементлар усули орқали математик моделлаштириш ёрдамида ишлаб чиқилган (Люксембург университети, Бельгия); пахта ипларининг чўзилишида уларнинг таркибидаги пахта толаларининг орасидаги ишқаланиш кучларини ҳисобга олиб пахта ипи мустаҳкамлигининг ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган (Массачусетс технология институти, АҚШ); тўқимачилик ипларининг динамик кучлар таъсиридан механик хусусиятлари ипларнинг узилгунча чўзилиш тажрибалари орқали аниқланиб, уларга боғлиқ равишда ипнинг мустаҳкамлигини аниқлаш назариялари ишлаб чиқилган (Гент университети, Бельгия); тўқимачилик ипларининг сифати ва синфига қараб уларни динамик мустаҳкамлик масалалари чекли элементлар усулидан фойдаланиб ечилган (Вухан тўқимачилик университети, Хитой); тўқимачилик ипларининг текстил технология жараёнларида қўлланилиши учун ҳозирги замон талаблари асосида эталонлар ишлаб чиқилган (Жанубий Корея тўқимачилик муҳандислиги университети); пахта ипларининг механик таркиби ҳисобга олиниб, уларнинг мустаҳкамлиги назарияси Гук қонуни асосида ишлаб чиқилган (Москва давлат тўқимачилик университети, Россия).

Дунёда тўқимачилик саноатида пахта ипларининг механик хусусиятларини, улар асосида иплар ва тўқималарнинг мустаҳкамлигини аниқлаш ва башорат қилиш усуллари ишлаб чиқиш ва улар асосида ипларнинг мустаҳкамлик назарияларини такомиллаштириш ҳамда ушбу назарияларни амалиётда қўллаш асосларини яратиш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: ипларнинг таркибий хусусиятлари ва ушбу хусусиятларнинг иплар мустаҳкамлигига таъсирини назарий усуллар орқали аниқлаш; ипларнинг эластик ва ички ишқаланиш хусусиятларини ҳисобга олиб мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш; толалардан ташкил топган композит ипларнинг мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари тола мустаҳкамлигига боғлаб ишлаб чиқиш; пахта ипларининг таркибий тузилишларини ва унинг чўзилишида таркибидаги толалар миграциясини ҳисобга олиб ипнинг деформацияланиш қонуниятларини аниқлаш; пахта ипларининг чўзилишида ички ишқаланиш жараёнларини ва толаларнинг эластиклик ва пластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, уларнинг мустаҳкамлик назарияларини ишлаб чиқиш; тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини тўқимачилик матолари мустаҳкамлигига таъсири ва уларнинг узоқ муддатга чидамлилиги асосларини яратиш; композит тўқимачилик ипларини яратиш технологияларини ишлаб чиқиш ва уларнинг мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари такомиллаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини аниқлаш ҳамда тўқимачилик маҳсулотларини

сифатини баҳолаш усулларини такомиллаштириш бўйича қатор илмий тадқиқот ишлар олиб борилган, жумладан: J.W.S.Hearle, H.H.Kaush, F.T.Peizce, B.S.Gupta, W.Oxenham, E.Grant, Y.Huh, Weiyu He, Shaorui Zhang, K.E.Glubovska, V.B.Merchant, H.Kawasaki, J.D.Collins, A.Jounes, C.F.Zorowski, H.Nosraty, M.Toda, D.U.Shah, Я.Френкель, А.М.Сталевич, В.П.Щербаков, А.Г.Макаров, В.Г.Тиранов, В.Ш.Саркисов, Н.С.Скуланова, Т.А.Кузина, И.И.Мигушов, Т.Н.Кукин, Н.Д.Алыменкова, Г.М.Бартенев, Ю.В.Якубовский, Г.Н.Федосеев, А.П.Болотный ва бошқалар тажрибалар натижалари асосида тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари ишлаб чиқишда катта натижаларга эришилган. Бир қатор муаллифлар томонидан W.E.Weber, X.A.Рахматуллин, М.Т.Уразбаев, W.E.Morton, L.Van Langenhove, R.L.Steinberger, А.П.Минаков, Б.А.Бузов ва бошқалар биринчи марта теоретик ва эмпирик формулалар ёрдамида ипларининг мустаҳкамлигини баҳолаш ҳамда башорат қилиш, тўқимачилик ипларининг чизикли деформацияланиш қонуниятларини такомиллаштириш масалаларини ўрганиб уларни фойдаланишда ижобий натижаларга эришилган.

Маҳалий олимлардан X.A.Алимова, Б.М.Мардонов, М.Э.Эргашов, Қ.Г.Гафуров, Қ.Ж.Жуманиёзов ишларида пахта ипларининг физик-механик хусусиятларини ўрганиш, пахта толасининг мустаҳкамлигини аниқлаш усулларини такомиллаштириш, тўқимачилик технологик жараёнларида пахта ипларининг динамик кучлар таъсиридан тебранишлари параметрларини аниқлаш билан боғлиқ ечимлари устида изланишлар олиб борганлар. Тўқимачилик ипларини бўйлама ва кўндаланг зарбаларга мустаҳкамлигини текшириш, тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини меъросий механика назарияси асосида аниқлаш усулларини яратиш, ипларининг тайёрлаш технологияси жараёнлари хусусиятларига боғлаб уларнинг мустаҳкамлигини аниқлаш муаммолари билан Т.Р.Рашидов, Т.М.Мавлонов, М.М.Мукимов, Ш.А.Кадыров, А.М.Махаматханов, И.И.Ибрагимов, К.Ш.Латипов, Р.З.Бурнашев, А.Э.Гуламов ва бошқа олимлар шуғулланишган.

Ҳозирги кунда республикамізда тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлиги масалаларини ечиш, уларнинг ишончли ва аниқ деформацияланиш қонуниятларини аниқлаш, пахта ипининг тажрибалардан олинган ночизик деформацияланиш хусусиятларини, унинг деформацияланиш тезлигини ипнинг мустаҳкамлигига микдорий таъсири ва тўқимачилик технологиялари жараёнларида пахта ипини чўзувчи кучнинг динамик хусусиятларини ҳисобга олиб, ипнинг мустаҳкамлик назариясини ривожлантириш масалаларига етарлича эътибор қаратилмаган. Шу сабабли, ипнинг ночизик деформацияланиш хусусиятларини намоён бўлиши сабабларини аниқлаш, пахта ипининг ночизик деформацияланиш қонуниятини ишлаб чиқиш ва унинг мустаҳкамлик назариясини такомиллаштириш, динамик кучлар таъсиридан пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усулларини ишлаб чиқиш каби муаммолар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасанинг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация

тадқиқоти Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №Ф4-ФА-Ф051 «Иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлигини тўлқин назариясини яратиш» (2012-2016), №Ф.12-12 «Деформацияланувчи бикр ипларда, уларнинг қаттиқ юзаларда сирпанишида ҳосил бўладиган тўлқин жараёнлари» (2012-2013), №Ф.9-14 «Композит материалларнинг ночизик деформацияланиш жараёнлари қонуниятларини тажриба натижаларидан аниқлаш» (2014-2015), №Ф.5-16 «Динамик таъсирлардан канатли ва вантли қурилмаларнинг мустаҳкамлик ва зилзилабардошлик меъзонларини аниқлаш» (2016-2017), №Ф.8-18 «Чўзилишдаги деформацияланиш тезлигини ҳисобга олиб, тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлик назариясини ривожлантириш» (2018-2019) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тўқимачилик саноати технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучларни ҳисобга олиб, пахта ипларининг мустаҳкамлик назариясини ривожлантириш ва унинг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усуллари ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

пахта ипи учун тажрибадан олинган «кучланиш-деформация» диаграммаларини таҳлил қилиш ва ипнинг ночизик деформацияланиш хусусиятларини намоён бўлиши сабабларини аниқлаш;

пахта ипининг динамик чўзилишида таркибининг ўзгариши натижасида унинг механик хусусиятларини ўзгариши қонуниятларини тажриба натижаларидан аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш;

тажрибалар натижалари асосида динамик кучлар таъсиридан пахта ипининг ночизик деформацияланиш қонуниятини аниқлаш ва унинг мустаҳкамлик назариясини такомиллаштириш;

пахта ипининг такомиллаштирилган мустаҳкамлик назариясини параметрик таҳлил қилиш ва унинг асосий параметрларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш;

пахта ипининг такомиллаштирилган мустаҳкамлик назарияси асосида тўқимачилик саноатининг технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучлар таъсиридан, ипнинг кучланиш деформация ҳолатини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш;

тўқимачилик маҳсулотларини лойиҳалашда ишлатиш учун, ўтказилган тадқиқотлар натижалари асосида, динамик кучлар таъсиридан пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усуллари ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида тўқимачилик саноатида ҳар хил чизикли зичликка эга бўлган пневмомеханик усулда пахта толаларидан тайёрланган пахта ипи олинган.

Тадқиқотнинг предмети пахта ипининг динамик чўзилишидаги ночизиклик хусусиятлари, пахта толаларидан ташкил топган мураккаб таркибининг ўзгариши, динамик кучлар таъсиридан мустаҳкамлиги ва унга чўзилишдаги деформацияланиш тезлигининг таъсири ҳамда ипнинг кучланиш-деформация жараёнларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тўқимачилик ипларни замонавий «Statimat C» қурилмасида синаш усули ва чекли айирмалар сонли усули ҳамда чизиқли интерполяциянинг назарий усулидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

пахта ипи мустаҳкамлигини ифодоловчи қонуниятларни аниқлаш усули унинг механик хусусиятларини инобатга олган ҳолда чизиқли зичлиги ҳар хил бўлган пахта ипларининг узилиш давридаги мустаҳкамлиги ипни узилгунча чузилиш натижалари асосида ишлаб чиқилган;

пахта ипининг физик-ночизиқ эластик-ёпишқоқ-пластик математик модели Эйринг модели асосида такомиллаштирилган;

пахта ипининг чўзилишидаги ночизиқ деформацияланиш қонунияти, унинг ўзгарувчан механик хусусиятларини инобатга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

тўқимачилик саноати технологик жараёнларида юзага келадиган динамик кучлар таъсиридан пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари ночизиқ-деформацион назария асосида ишлаб чиқилган;

пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш ва баҳолашнинг деформацион усули унинг чўзилишдаги деформацияланиш тезлиги, механик хусусиятлари, ички ишқаланиш коэффициенти ва чизиқли зичлигини инобатга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

пахта ипи эластик-ёпишқоқ-пластик модели тўқимачилик саноати технологик жараёнларида пайдо бўладиган ҳар хил яримциклли ва бошқа динамик кучлар таъсирини инобатга олган ҳолда такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ҳар қандай чизиқли зичликка эга бўлган пахта ипининг деформацияланиш жараёнида эластиклик, пластиклик ва юксизланиш модуллари ҳамда ички ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган;

пахта ипининг чизиқли зичлигига, механик хусусиятларига, деформацияланиш тезлигига боғлиқ равишда унинг мустаҳкамлигини аниқлаш ва баҳолаш усуллари ишлаб чиқилган;

тўқимачилик саноати технологик жараёнларида пайдо бўладиган яримциклли, тўлациклли динамик кучлар таъсиридан ҳар хил чизиқли зичликдаги пахта ипларининг мустаҳкамлигини ҳисоблаш ва уларни бошқа мавжуд усуллар орқали олинган натижалар билан таққослаш компьютер дастури ишлаб чиқилган;

пахта ипининг мустаҳкамлигини такомиллаштирилган ночизиқ назарияси ва деформацион усул асосида аниқлаш ва баҳолашнинг компьютер дастури ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги синовдан ўтган математик усулларга асосланганлиги, олинган назарий натижалар амалга оширилган экспериментал ва амалда ўтказилган тадқиқотлар натижалари билан солиштирилганлиги ҳамда бошқа олимлар томонидан олинган маълумотлар билан таққослаб текширилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти пахта ипларининг динамик кучлар таъсиридан чўзилишида уларнинг такомиллаштирилган ночизик мустаҳкамлик назарияси ишлаб чиқилганлиги, ва ушбу назариядан барча тўқимачилик иплари ва матолари мустаҳкамликларини баҳолашда қўлланилиши мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти тўқимачилик ипларининг технологик жараёнларида узилишини башорат қилувчи ва камайтиришга олиб келувчи деформацион усул яратилиши ҳамда ушбу усул қўлланилиши натижасида тўқимачилик дастгоҳларининг тўхтаб қолишини камайтириш ва ишлаб чиқариш самарадорлигини оширилиши билан изоҳланади.

Тадқиқотлар натижаларининг жорий қилиниши. Тўқимачилик саноати технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучларни ҳисобга олиб текстил ипларининг мустаҳкамлик назариясини ривожлантириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

пахта ипи мустаҳкамлигини ифодоловчи қонуниятлари усули чизикли зичлиги ҳар хил бўлган пахта ипларининг узилиш пайитидаги мустаҳкамлиги ипни узилгунча чузилиш натижалари $T=15,4-160,0$ тексгача бўлган пахта ипларининг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилишнинг бошқа усуллардан фарқли равишда, ипнинг чўзилиш тезлигини ҳисобга олувчи, деформацион усули “Ўзтўқимачиликсаноат” уюшмаси тасаруффидаги «TEXNO TEX» МЧЖ, «SHAMS» ХКларида жорий этилган («Ўзтўқимачиликсаноат» уюшмасининг 2018 йил 6 ноябрдаги ДМ-12-5896-сон маълумотномаси). Натижада ипларнинг мустаҳкамликка ҳисоблаш ишлар ҳажмини 2 маротабага камайтириш ва лойиҳа-ҳисоб ишларининг самарадорлигини 25%га ошириш имкони яратилган;

пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш ва баҳолашнинг деформацион усули ҳамда тўқимачилик саноати технологик жараёнларида юзага келадиган динамик кучлар таъсиридан мустаҳкамлигини аниқлаш усули “Ўзтўқимачиликсаноат” уюшмаси тасаруффидаги «SHOVOT TEXTIL» ҚК МЧЖ корхонасига пахта ипининг оғирлик бўйича нотекислигини (CV_m) баҳолашда жорий этилган («Ўзтўқимачиликсаноат» уюшмасининг 2018 йил 6 ноябрдаги ДМ-12-5896-сон маълумотномаси). Натижада чизикли зичлиги $T=20$ текс бўлган кард пахта ипининг ҳар бир килограммидан 20%га ошириш имкони яратилган;

тўқимачилик саноати технологик жараёнларида юзага келадиган динамик кучлар таъсиридан пахта ипини мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари “Ўзтўқимачиликсаноат” уюшмаси тасаруффидаги «Iroda Gazmol Buznes» МЧЖ ХКда чизикли зичлиги танда бўйича $T=29,4$ текс ва арқоқ бўйича $T=20$ текс (бўз Арт.Р23) бўлган пахта ипларидан тўқима ишлаб чиқиш учун жорий этилган («Ўзтўқимачиликсаноат» уюшмасининг 2018 йил 6 ноябрдаги ДМ-12-5896-сон маълумотномаси). Натижада ипларнинг узилишини танда бўйича 23%га, арқоқ бўйича 45%га камайтириш ва тўқиманинг сифатини 22%га ошириш имкони яратилган;

пахта ипининг чўзилишида унинг деформацияланиш тезлиги, механик хусусиятлари, ички ишқаланиш коэффициентлари ҳамда чизикли зичлигини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлигини аниқлаш ва баҳолаш деформацион усуллари “Ўзтўқимачиликсаноат” уюшмаси тасаруффидаги «Jamstyle» МЧЖ корхонасида пахта ипининг чизикли зичлиги $T=60$ ва 70 тексли пахта ипидан тайёрланган зичлиги 105 г/м^2 бўлган тўқимани MBJ6 дастгоҳда тайёрлаш учун жорий этилган («Ўзтўқимачиликсаноат» уюшмасининг 2018 йил 6 ноябрдаги ДМ-12-5896-сон маълумотномаси). Натижада чизикли зичлиги $T=60$ ва 70 тексли пахта ипининг узилишини 26%га камайтириш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика ва институт миқёсидаги 16 та анжуманларда муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 5 та халқаро ва 11 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 43 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 20 та мақола, жумладан 14 та мақола республика ва 6 та мақола хорижий журналларда нашр қилинган, 1 та монография чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 190 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланиб, тадқиқот объекти ва предмети ёритилган. Тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялар ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, ҳамда олинган натижаларнинг ишончлилиги, илмий янгилиги ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, диссертация ишининг апробацияси, нашр этилганлик даражаси, таркиби ва ҳажми келтирилган.

Диссертациянинг «**Тўқимачилик саноатида пайдо бўладиган динамик кучлар таъсиридан ипларнинг мустаҳкамлиги: масаланинг ҳолати, муаммолари ва уларни ечиш йўллари**» деб номлаган биринчи бобида, тўқимачилик саноати асоси бўлган иплар механикаси соҳасида республика ва чет эл олимларининг нашр этилган илмий ишлар шарҳи келтирилган. Бунда ип механикасининг асосий муаммоларидан бўлган тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини тадқиқ қилишга бағишланган ишлар таҳлил қилинган. Шубҳасиз, тўқимачилик саноатининг мураккаб технологик жараёнларида ишлаб чиқиладиган тўқимачилик маҳсулотлари ва материаллари мустаҳкамлиги, ип мустаҳкамлиги билан чамбарчас боғлиқдир.

Тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлигини аниқлаш ва баҳолашга илмий-тадқиқот ишларининг салмоқли қисми бағишланган. Бу ишларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, тўқимачилик ипларининг мустаҳкамлик хусусиятларини аниқлаш ва башорат қилиш бўйича кўпчилик ишлар ипнинг чўзилишидаги деформацияланиши чизиқли эластик ва ёпишқоқ эластик қонунлар асосида бажарилган. Лекин шу вақтгача, тўқимачилик ишлаб чиқариши технологик жараёнларида ипларнинг узилиши муаммоси ўз ечимини топмаган, ва бу маълум даражада тўқимачилик саноати самарадорлигига салбий таъсир қилмоқда. Ипнинг узилиши муаммосини ечиш бевосита ипларнинг мустаҳкамлиги назариясига бориб тақалади. Талаб қилинган аниқликда ипларнинг мустаҳкамлик хусусиятларини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш эса, мустаҳкамлик назариясидаги ипларнинг деформацияланиш қонунига боғлиқдир. Ипларнинг деформацияланиш қонуни, уларнинг деформацияланиш механизмини ойдинлаштириб, тушунтириб бериши керак. Ҳозирги вақтда бундай қонун яратилмаганлиги, дунё миқёсидаги иплар механикасига бағишланган илмий ишлар таҳлилидан аён бўлди. Биринчи бобдаги ишлар таҳлили шуни кўрсатдики, тўқимачилик саноатининг замонавий талабларига жавоб берадиган, иплар чўзилишини ва узилишини аниқ ифодалай оладиган деформацияланиш қонуни мавжуд эмасдир.

Шундан келиб чиққан ҳолда, ушбу диссертация иши пахта ипининг деформацияланиш қонунларини тажрибалардан аниқлашга ва тажрибалар натижалари асосида ипнинг деформацияланиш қонунини ишлаб чиқиш ва ундан фойдаланиб, тўқимачилик саноати технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучлар таъсиридан пахта ипининг чўзилишидаги мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усулини яратишга бағишланган.

Диссертациянинг **«Пахта толаларининг чўзилишида деформацияланиш қонунларини тажрибадан аниқлаш»** деб номланган иккинчи бобида кетма-кет сурункали тажрибалар натижалари ва уларни таҳлили келтирилган.

Тажрибада пахта ипининг деформацияланиш қонунини, яъни «чўзувчи куч-деформация» диаграммасини аниқлаш учун ТТЕСИ қошидаги «Сентехуз» лабораториясининг ипларни узилишгача чўзишга мўлжалланган, Германияда ишлаб чиқилган «Statimat С» автоматик қурилмадан фойдаланилган.

Тажриба ўтказиш учун пневмомеханик тўқиш машинасида ўртача толали 1-чи нав, пишганлиги 1-чи гуруҳга мос, 4-чи тур пахта толаларидан кард тизимида тайёрланган пахта ипи олинган. Уларни тайёрлашда давлатлараро ГОСТ 11970-2003 стандартига мос равишда пахта ипининг номинал чизиқли зичлиги кўйидагича берилган (қавс ичида ҳар бир номинал тексга тегишли тайёрланган ғалтаклар сони келтирилган): $T = 14,0$ (2); $15,4$ (2); $16,5$ (2); $18,5$ (5); $29,0$ (16); $50,0$ (10); $72,0$ (4); $100,0$ (3) ва $160,0$ (1) текс.

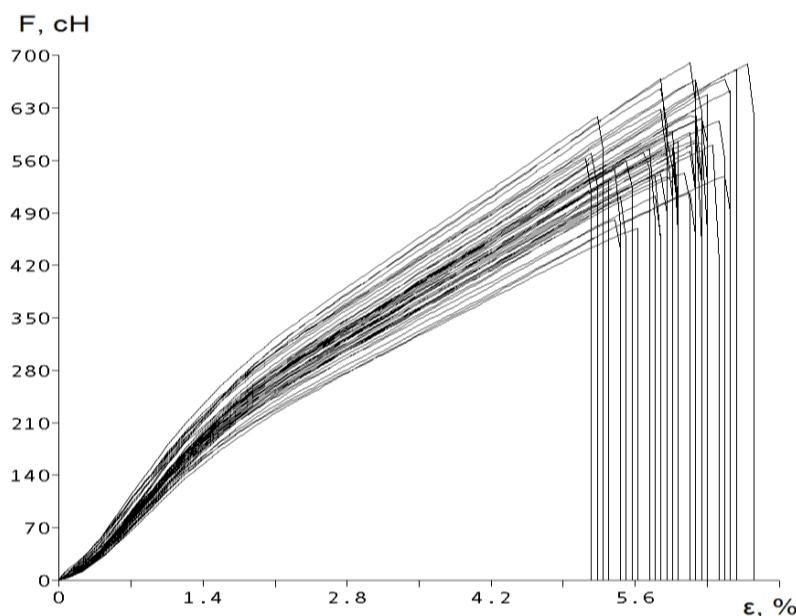
Жами 45 та пахта ипи ғалтаклари олинган. Тажриба учун танланган пахта ипларининг номинал чизиқли зичликлари ихтиёрийдир. Тажриба

Ўтказишдан аввал ҳар бир ғалтакдаги пахта ипининг ҳақиқий чизиқли зичлиги алоҳида аниқланган.

Тажрибада ҳар бир ғалтакдаги пахта ипи 50 мартадан узилгунча чўзилиб, натижалар олинган. Тажрибада чўзилаётган ипнинг таянч узунлиги 500 мм, ипнинг ўртача тортилиш (чўзилиш) тезлиги 500 мм/мин, чўзилиш вақти эса 5-8 сек бўлган.

Чўзувчи F кучнинг ε деформацияга боғлиқ равишда чизиқли зичлиги $T=50,0$ тексли пахта ипи учун, тажрибадан олинган 50 та боғлиқлик 1-расмда $F(\varepsilon)$ диаграммаси кўринишида келтирилган. Барча 45 та ғалтаклардаги пахта иплари учун тажрибадан олинган $F(\varepsilon)$ диаграммалар 1-расмдаги эгри чизиқларга ўхшашдир.

Кўриниб турибдики, тажрибадан олинган $F(\varepsilon)$ диаграммалар (функциялар) ночизиқдир (1-расм). Бунда, деформацияланиш жараёнида $F(\varepsilon)$ эгри чизиқнинг эгрилик ишораси ўзгармоқда. Деформацияланиш жараёни бошида $F(\varepsilon)$ эгри чизиқнинг эгрилик маркази тепада бўлса, сўнгра у пастда бўлмоқда. Кейинчалик эса $F(\varepsilon)$ функция тахминан чизиқли қолмоқда.



1-расм. Чизиқли зичлиги $T=50,0$ текс бўлган пахта ипи учун тажрибадан олинган $F(\varepsilon)$ диаграммалар

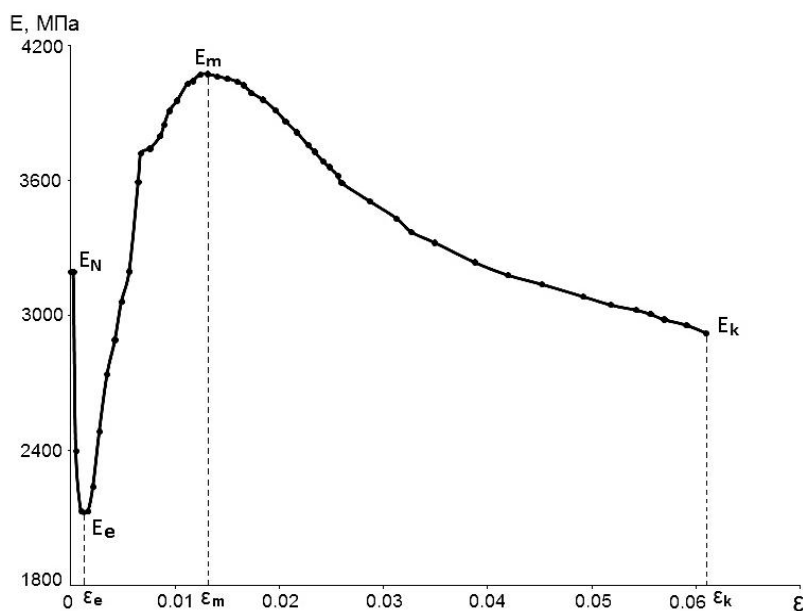
Ушбу чўзувчи куч билан, пахта ипининг чўзилиш деформацияси орасидаги ночизиқ боғланиш, чўзилиш жараёнида пахта ипининг, пахта толаларидан ўта мураккаб равишда ташкил топган, таркибининг ўзгариши билан боғлиқдир. Пахта ипи чўзилганда унинг таркибидаги пахта толаларининг ўзаро нисбий силжишлари билан боғлиқ мураккаб механик ва геометрик жараён содир бўлади. Деформацияланиш жараёнида пахта ипининг таркиби ўзгариши, яъни толаларининг ўзаро силжиши, қайтадан бир-бирига нисбатан жойлашиши (миграция), ипнинг физик ва механик хусусиятлари: зичлиги, диаметри, эластиклик модули, Пуассон

коэффициенти, ёпишқоқлик коэффициентларини ўзгаришига олиб келади. Ушбу ҳолат $F(\varepsilon)$ функциясининг ночизик ўзгаришига сабаб бўлади.

Чўзилиш жараёнида пахта ипи бир вақтининг ўзида ҳам эластик, ҳам пластик деформацияланади. Шунинг учун, эластик модули E -ни деформация модули деб атаймиз. $F(\varepsilon)$ диаграммасидан ҳақиқий E_f ёки кесма E модулларини аниқласа бўлади. Тажрибадан олинган 50-та $F(\varepsilon)$ функцияларининг ўртачаси «Statimat C» қурилмасининг ўз ЭХМ дастури ёрдамида автоматик равишда чиқарилади.

Деформацияланиш қонунлари, одатда кучланиш ва нисбий (ўлчовсиз) деформация орасидаги $\sigma(\varepsilon)$ боғланиш учун ёзилади. Нисбий деформациянинг қиймати $\varepsilon = 10^{-2} \varepsilon$ % формула орқали аниқланади.

Ўртача $F(\varepsilon)$ диаграммасидан аниқланган деформациянинг кесма модули E -нинг деформация ε бўйича ўзгариши, яъни $E(\varepsilon)$ боғлиқлик 2-расмда келтирилган.



2-расм. Чизикли зичлиги $T=50,0$ текс бўлган пахта ипининг E деформация кесма модулининг ε бўйлама деформацияга болиқ равишда ўзгариши

Кўриниб турибдики (2-расм), деформация кесма модулининг (кейинги ўринларда деформация модули) ε деформацияга боғлиқ ўзгариши мураккаб ночизик функциядир.

Деформация модули $E(\varepsilon)$ нинг 2-расмдаги ўзгариши кўрсатмоқдаки, пахта ипининг деформацияланиш жараёни бошланишида деформация модулининг бошланғич қиймати E_N -га тенг. Сўнгра деформация модули E_N -дан E_e қийматигача жадал пасаяди. Бу пасайиш деформация $\varepsilon = \varepsilon_e$ қийматига эришгунча давом этади. Сўнгра деформациянинг ортиши $\varepsilon = \varepsilon_m$ га тенг бўлганда деформация модули E_m қийматигача ортиб боради ҳамда $E = E_m$ бўлади. Деформация модули E_m — энг катта қийматидир. Деформациянинг

$\varepsilon = \varepsilon_m$ дан кейинги ўсиши, деформация модулининг камайиб боришини кўратмоқда (2-расм). Деформация $\varepsilon = \varepsilon_k$ қийматида $E = E_k$ бўлиб, пахта ипи узилади.

Тажриба натижаларида, умуман 45 та ғалтаклардан, тўққизта ҳар ҳил номинал чизиқли зичликлардаги пахта иплари учун, 1-расмдаги диаграммаларга ўхшаш 45 та $F(\varepsilon)$ боғланишлар олинган. Улардан яна 45 та ўртача $F(\varepsilon)$ боғланишлар ва сўнгра, 2-расмдаги каби 45 та $E(\varepsilon)$ боғланишлар олинган.

Бирламчи тажриба натижалари (1-расм) «Statimat C» қурилманинг ўзига ўрнатилган ЭХМ дастури орқали, дастлабки статистика ишловидан ўтказилади. Яъни олинган 45 та $F(\varepsilon)$ тажрибавий функцияларнинг ўртача қиймати (математик кутилаётган қийматлар), $F(\varepsilon)$ функциясининг параметрлари: F_{\max} , A , P_{II} , t_k ва ε_k ларнинг ўртача қийматидан четланиш чегараси (%-да), бу ерда F_{\max} – максимал чўзувчи куч; A – ипнинг чўзилишида бажарилган иш; P_{II} – ипнинг мустаҳкамлиги; t_k – ипнинг узилгунча чўзилишига кетган вақт; ε_k – деформациянинг ип узилиш вақтидаги қиймати. Шу билан бирга вариация коэффиценти C_v (%) «Statimat C» қурилма томонидан ҳисобланиб, ҳар бир 50 та тажрибалар натижалари учун чиқариб берилади.

Шунингдек, қурилманинг ўз статистик ишлов бериш дастури билан олинган $F(\varepsilon)$ диаграммаларининг ишончилилик эҳтимоллиги кўрсаткичини қийматини ҳам беради. Барча тажрибаларда Q кўрсаткичинининг қиймати тахминан $Q = 95\%$ -га тенгдир.

Сўнгра «Statimat C» қурилманинг ЭХМ дастури орқали олинган статистик қийматлар асосида, олинган тажриба натижаларини ишончилилик эҳтимоли Стъюдентнинг t – критерияси орқали баҳоланди. Бирламчи тажриба натижаларининг таҳлили асосида, яъни $F(\varepsilon)$ диаграммаларидан ҳосил қилинган $E(\varepsilon)$, $E(T)$, $\varepsilon(T)$, $P_{II}(T)$ ва $t_k(T)$ боғланишлар, $F(\varepsilon)$ диаграммасидан ҳосил қилинган иккиламчи натижалардир. Маълумки, статистик ишлов фақат бирламчи тажриба натижаларига қўлланилади.

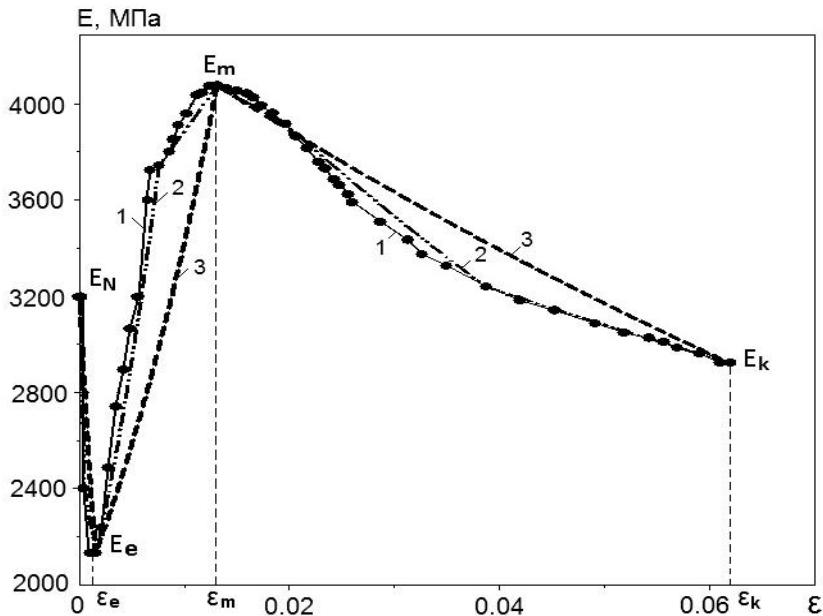
Олинган $E(\varepsilon)$ боғлиқликларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, улар учун асосий параметрлар бўлиб мос равишда ε_N , ε_e , ε_m , ε_S ва ε_k нисбий деформация қийматларида эришилган E_N , E_e , E_m , E_S и E_k деформация модуллари ҳисобланади. Сўнгра 2-расмда келтирилган $E(\varepsilon)$ эгри чизиқларга сонли аналитик аппроксимация усули тавсия қилинган. Усулнинг моҳияти шундан иборатки, $E(\varepsilon)$ эгри чизиғидаги E ва ε дискрет қийматларидан фойдаланиб, икки нукта орасидаги E нинг барча оралиқ қийматлари аниқланади. Бу ерда, чизиқли интерполяция усулидан фойдаланилган. Аммо, агар икки нукта оралиғи анча катта бўлган ҳолда, масалан, экстремал нукталар оралиғи, чизиқли интерполяция E ва ε қийматларини аниқ

бермайди. Шунинг учун a ва b дискрет нуқталар орасидаги E_i қийматини аниқлашда қуйидаги муносабатлар тавсия қилинади.

$$E_i(\varepsilon) = E_a \exp(\beta_{ab} I_{S_i}), \quad \beta_{ab} = \ln(E_b/E_a), \quad I_{S_i} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \quad (1)$$

бу ерда $i - [ab]$ кесимдаги E қиймати аниқланадиган нуқта рақами; (a) индексли параметрлар бошланғич (биринчи) нуқтага; (b) индекс эса кесманинг якуний (охирги) нуқтасига; (ab) индекс бутун кесмага тегишли; β_{ab} – интерполяциянинг ўлчовсиз коэффиценти, унинг қиймати $I_{S_i} = 1$ бўлганида (1) формуладан олинади; I_{S_i} – ипда курилатган кесмадаги $E(\varepsilon)$ функция аппроксимациясида таркибий ўзгаришларни ҳисобга олувчи параметр.

Тажриба асосида олинган нозичиқ $E(\varepsilon)$ боғлиқлиги аппроксимациянинг натижалари 3-расмда келтирилган. Буни шартли равишда тажриба эгри чизиғи деб атаймиз.



3-расм. $F(\varepsilon)$ тажрибавий диаграммасидан олинган $E(\varepsilon)$ ўзгариши ва унинг сонли-аналитик аппроксимацияси

Бу ерда, 1-чи эгри чизик – тажриба эгри чизиғи, у 3-чи расмдаги 2-чи эгри чизикқа мос келади. Расмдаги 3-чи эгри чизик (1) тенгламаларидан фақат E ва ε экстремал қийматларидан, яъни 4-та нуқталардан $E_N \varepsilon_N$; $E_e \varepsilon_e$; $E_m \varepsilon_m$ ва $E_k \varepsilon_k$ фойдаланиб $E(\varepsilon)$ боғлиқлиги аппроксимацияси ёрдамида олинган. Бу ҳолда аппроксимацияланган ва тажриба эгри чизиклари 10-20%-га фарқ қилади. 2-чи эгри чизик, экстремал нуқталарни ҳам қўшганда, 10 та нуқтадан фойдаланиб олинган. Бу ҳолда $[0 \varepsilon_e]$ ораликда учта нуқта, $[\varepsilon_e \varepsilon_m]$ ораликда учта нуқта ҳамда $[\varepsilon_m \varepsilon_k]$ ораликда тўрта нуқта олинган. Кўрсатилган ораликлардаги нуқталар тасодифий олинган.

Тажрибавий ва аппроксимацияланган эгри чизиклар, 3- расмдан кўриниб турибдики, 95-97% мос тушган. Аппроксимацияда барча 50 нуқтадан (3-

расмдаги қора нуқталар) фойдалансак 1-чи эгри чизиқни оламиз. Бунда (1) формула натижасига ва тажрибавий эгри чизиқлар 100% устма-уст тушади.

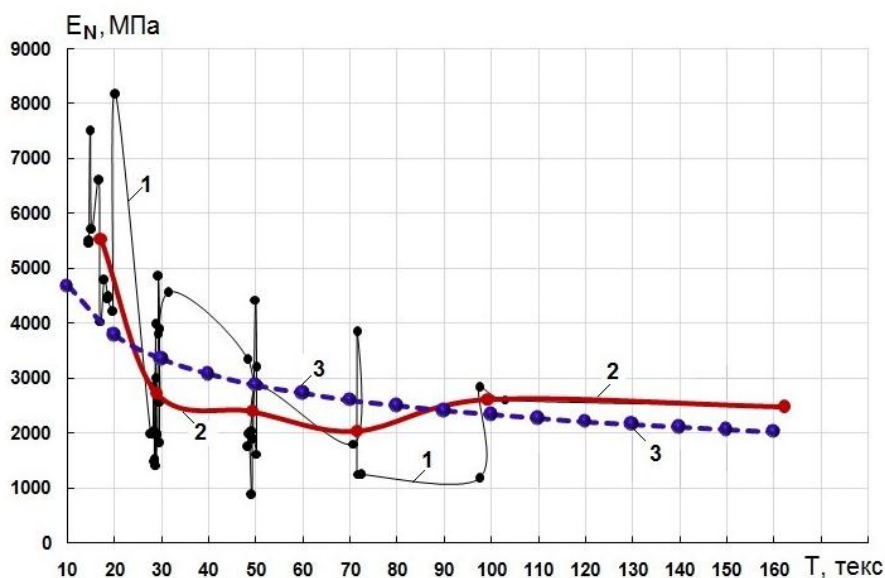
Юқорида кўрсатилганидек (1) тенгламалар билан исталган эгри чизиқли тажрибавий $E(\varepsilon)$ боғлиқликни аппроксимациялаш мумкин. Материалнинг таркибий ўзгаришини акс эттирадиган ўзгарувчан деформацияланиш модуллари билан (1) формула чўзилишда ипларнинг физик деформацияланишининг ночизиқ қонунларини яратишга имкон беради. Шунингдек, 3-расмдан кўриниб турибдики, $[\varepsilon_N \varepsilon_e]$ оралиғида E қиймати кескин камаяди ($\varepsilon_N \approx 0$). Бу ерда чўзилиш вақтида пахта ипидаги толалар тўғриланади ва зичлашади. Бу оралиқда деформация эластик деб фараз қиламиз ва ип эластик деформацияланади. Деформациянинг қиймати $\varepsilon = \varepsilon_e$ бўлганида, радиус бўйлаб ип етарлича зичлашади. Кейинги $[\varepsilon_e \varepsilon_m]$ оралиқда ипнинг чўзилиши жараёнида толаларнинг бир-бирига нисбатан силжиши бошланади. Толалар орасидаги ишқаланиш ва натижада қаршилик кучлари ўсади. Радиус бўйлаб толаларнинг зичланиши давом этади. Деформация $\varepsilon = \varepsilon_m$ бўлганда ипдаги толалар максимал зичланади ва E_m деформацияланиш модули ўзининг максимал қийматига эришади. Деформацияланиш $[\varepsilon_e \varepsilon_m]$ оралиғида ипнинг мустаҳкамлиги ортади. Натижада табиийки, деформация модули ҳам ортади. Ипнинг толаларининг нисбий силжишларининг бир қисми, пластик бўлиб қолади ва бу оралиқда ип эласто-пластик деформацияланади деб фараз қиламиз. Деформациянинг $[\varepsilon_m \varepsilon_k]$ оралиғида ўзгариши ипни бузилишига олиб келади. Баъзи бир толалар узилади, ип ўзининг мустаҳкамлигини йўқота бошлайди, деформация модули жадал камайиб боради ва $\varepsilon = \varepsilon_k$ бўлганда, ип ниҳоят узилади. Ип узилишидан аввал унинг таркиби бузилиши жараёнида ипнинг радиуси бўйлаб зичлиги камаяди, толалараро ишқаланиш кучлари пасаяди. Деформациянинг ортиши толаларни ипдан сирпаниб чиқиб кетишига олиб келади. Ипнинг $[\varepsilon_m \varepsilon_k]$ оралиғидаги деформацияланиши, фараз бўйича, пластик ҳолатда рўй беради.

Диссертациянинг «**Пахта ипининг деформация параметрларини ўзгариши қонуниятлари ва уларни назарий ифодалаш**» деб номланган учинчи бобида тажрибада олинган натижаларга асосан E_N , E_e , E_m , E_S , E_k ва ε_e , ε_m , ε_S , ε_k параметрларининг ўзгариши қонуниятлари, пахта ипининг ҳақиқий чизиқли зичлигига боғлиқ кўриб чиқилган.

Деформация модулининг E_N бошланғич қийматларини ўзгариши, тажрибада ишлатилган пахта ипининг чизиқли зичлигига боғлиқлиги 4-расмда кўрсатилган.

Ушбу 4-расмда 1-та эгри чизиқ E_N деформация модулининг бошланғич қиймати ўзгаришига мос келади ва тажрибада ишлатилган пахта ипининг ҳар бир T ҳақиқий чизиқли зичлигига мансуб.

Кўриниб турибдики, E_N қийматининг ҳақиқий ўзгаришлари турли T қийматларида (1-чи эгри чизиқ) жуда катта тебранишларга эга.



4-расм. Деформация модулининг E_N бошланғич қийматларининг пахта ипининг чизиқли зичлигига боғлиқлиги

Ипнинг ҳар бир номинал зичлиги учун бир нечта ғалтак (1 дан 16 гача) тайёрланган, шунинг учун ипнинг ҳар бир чизиқли зичлигига ғалтак сонига мос келадиган бир нечта E_N қиймати мос келади (4-расмдаги 1-чи эгри чизиқдаги қора нуқталар).

Умуман олганда, 1-чи эгри чизиқнинг ўзгариш ҳолати кўрсатмоқдаки, T ошиши билан, E_N қиймати камаяди (4-расм). Аммо $E_N(T)$ функциянинг тартибсиз ўзгариши 4-расмдаги 1-чи эгри чизиққа мувофиқ, бирон-бир изохга, айниқса қандайдир аналитик ифодалашга имкон бермайди. Шунинг учун ушбу эгри чизиқ пахта ипининг чизиқли зичлигини номинал қийматлари бўйича ўрталаштирилган.

Шунингдек, 4-расмдаги 2-чи эгри чизиқ E_N қийматларидан T группалари бўйича ўртачасини топиб олинган. Энди бу ерда, ипнинг чизиқли зичлиги ортиши билан тушунтиришга мойил ўзгариши қонуниятлари бор. Унча катта бўлмаган T қийматда E_N деформация модулининг бошланғич қиймати энг катта, кейин E_N камайиб боради. Ипнинг чизиқли зичлигини $T = 100,0$ ва $162,0$ текс бўлганда E_N қиймати бироз кўтарилади. Энди 4-расмдаги 2-чи эгри чизиқни аналитик функция билан аппроксимация қилиш мумкин. Бунинг учун энг кичик квадратлар усулидан фойдаланамиз ҳамда 4-расмдаги 2 -чи эгри чизиқни ифода қилиш учун

$$E_N(T) = E_{Nk} \left(\frac{T}{T_s} \right)^{\chi_1} \quad (2)$$

кўринишдаги сўниб борувчи функцияни танлаймиз.

Бу ерда E_{Nk} , T_s ва χ_1 – аниқлаш керак бўлган (2) функциянинг коэффициентларидир. $T_s = 50,0$ тексга баробар, (2) тенгламанинг E_{Nk} ва χ_1 параметрларини ЭХМда энг кичик квадратлар усули билан аниқлаймиз ва

улар $E_{Nk} = 2872,944$ МПа ва $\chi_1 = -0,302174$, бу ерда χ_1 – ўлчовсиз катталиқ. Ушбу 4- расмдаги 3-чи эгри чизик (2) тенгламадан фойдаланиб қурилган.

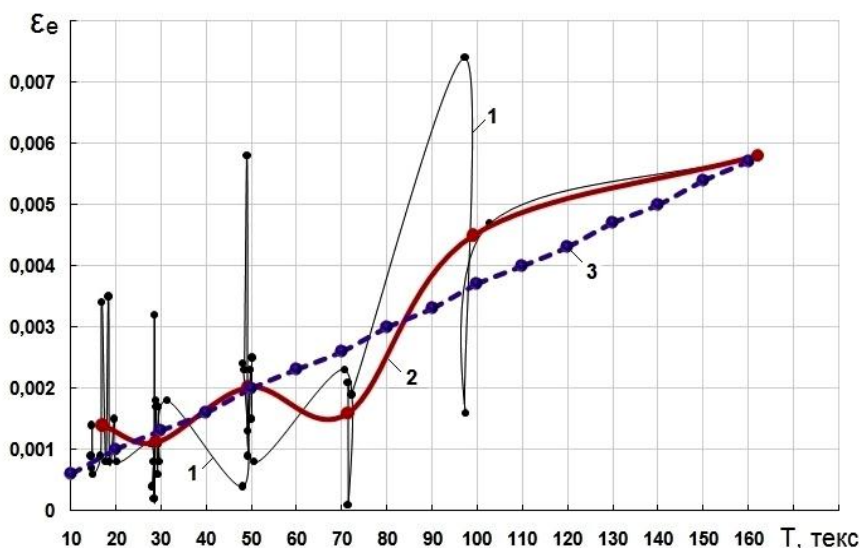
Шунингдек 4-расмдаги 3-чи эгри чизик (пунктир эгри чизик) асосан пахта ипининг чизикли зичлиги ортиши билан E_N деформация модули сакрашларсиз бир тарзда ўзгаради. Шундай қилиб, 1-чи эгри чизикдаги (4-расм) тажриба натижаларини қайта ишлаб, маълум ўзгартиришлар ва ўртача миқдорларидан фойдаланиб 3-чи эгри чизикни олдиқ, бу пахта ипининг турли T чизикли зичлигида E_N деформация модулининг ўзгариши аниқ қонуниятга эгалиги ҳақида далолат беради. Пахта ипининг T чизикли зичлиги ортиши билан E_N деформация модули аста-секин камайиб боради. Ушбу (2) аналитик тенгламадан фойдаланиб, пневмомеханик кард усулида олинган ипнинг исталган чизикли зичлик қийматида E_N деформация модули қийматини аниқлаш мумкин, яъни пахта ипининг деформацияланишдан олдинги модулининг бошланғич қийматни аниқлай оламиз. Худди шундай усул билан, тажриба натижаларини ишлаб чиқиб, пахта ипининг чизикли зичлик қийматига боғлиқ $E(\varepsilon)$ деформация модулининг E_e – энг кичик, E_m – энг катта, E_s – оралиқ ва E_k – критик модулларнинг ўзгариши учун формулалар олинган.

Олинган формулалар, (2) функцияга ўхшаб, ипнинг исталган T чизикли зичлик қийматлари учун ҳисоб йўли билан E_N , E_e , E_m , E_s ва E_k модулларни аниқлашга имкон беради. Пневмомеханик тўқиш машинасида ишлаб чиқилган пахта ипи учун кард тизимидаги T чизикли зичликда олинган E_N , E_e , E_m , E_s ва E_k деформация модулларининг қийматлари, табиийки, бу модуллар қийматининг маълум ўртача қийматига мос келади.

Диссертациянинг 2-бобда келтирилган натижаларига кўра $E(\varepsilon)$ функция модулининг ўзгаришининг деформацион параметрлари ε_N , ε_e , ε_m , ε_s ва ε_k бўлади. Турли чизикли зичлик қийматига эга бўлган исталган ип турлари учун, пахта ипи узилгунча чўзилишида ушбу деформация қийматини ҳисоб йўли билан аниқлаш учун, бу параметрларни T чизикли зичликка боғлиқлигини топиш керак. Бунинг учун тажриба натижаларидан фойдаланамиз.

Тажриба натижаларидан олинган пахта ипининг E_N деформация модулининг бошланғич қиймати $E(\varepsilon)$ график боғлиқликдан $\varepsilon_N = 0,00025$, яъни нолга яқин қийматда олинган. Шунинг учун ε_N қийматини ҳамма ҳолларда $\varepsilon_N = 0$ деб ҳисоблаймиз.

Келтирилган 5-расмда пахта ипининг чизикли зичлиги қийматига боғлиқ ε_e боғлиқликлари келтирилган. Бу ерда 1-чи эгри чизик ε_e ва T ҳақиқий қийматлари асосида чизилган ва ε_e параметрларининг ҳақиқий ўзгаришини тажрибада ишлатилган ипнинг ҳақиқий чизикли зичлигига боғлиқлигини кўрсатади.



5- расм. Пахта ипининг чизиқли зичлигига боғлиқ ε_e деформацияларнинг ўзгаришлари

Ушбу 5-расмдан кўришиб турибди, 1-чи эгри чизиқнинг ўзгариши тартибсиздир ва буни ҳеч қандай аналитик ифодалашга имкон йўқлиги. Пахта ипининг чизиқли зичлиги гуруҳлар бўйича ε_e ва T қийматларини ўрталаштириб ва ε_e ва T ўртача қийматларидан 5-расмдаги 2-чи эгри чизиқ қурилган. Бу ерда 2-чи эгри чизиқ ўзгаришидан ипнинг чизиқли зичлиги ортиши билан ε_e қиймати ортиб бориш қонуниятига эга, 2-чи эгри чизиқни мураккаб формула орқали аналитик изоҳлаш мумкин. Бироқ, соддалаштириб қуйидаги чизиқли функция кўринишида аппроксимациялаймиз

$$\varepsilon_e(T) = a_e + b_e T \quad (3)$$

бу ерда, $a_e = 0,000321$; $b_e = 0,000034 \text{ текс}^{-1}$ – кичик квадратлар усули билан (3) боғлиқлик асосида аниқланган коэффицентилар. Ушбу 5-расмдаги 3-чи тўғри чизиқ (3) формула орқали T 10 дан бошлаб 160 тексгача, 10 текс қадам билан қийматлар бериб олинган. Келтирилган 5-расмдан кўришиб турибдики 3-чи чизиқ 2-чи эгри чизиқнинг ўрталашганидир.

Шундай қилиб, $E(\varepsilon)$ функциянинг параметрлари учун деярли уч марта ўрталаштириш амалга оширилади. Аввал $F(\varepsilon)$ боғлиқликни ўртачалаштирамиз ва ўрталашган $F(\varepsilon)$ боғлиқликни оламиз, сўнг 5-расмдаги 1-чи эгри чизиқ ўрталашади ва 2-чи эгри чизиқ (5-расм) ҳосил бўлади. Кейин 2-чи эгри чизиқни ўрталаштириб 3-чи тўғри чизиқни ҳосил қиламиз, у (3) тенглама орқали ифодаланган.

Шундай қилиб, $E(\varepsilon)$ функциянинг E_N , E_e , E_m , E_s , E_k , ε_e , ε_m , ε_s ва ε_k ($\varepsilon_N = 0$) параметрларининг аниқ қийматлари пахта ипининг исталган T чизиқли зичлиги қийматларида 1-чи жадвалда келтирилган тенгламалардан аниқланади.

Пахта ипининг узилгунча чўзилишидан, ҳар қандай чизиқли зичлик учун, 1-жадвал тенгламалари орқали деформация модули параметрларининг қийматлари ҳисобланиб, аниқланади.

Пахта ипининг зичлигига боғлиқ деформация модули ўзгаришидан унинг параметрларининг қийматларини аниқлайдиган формулалар
($T_S = 50,0$ текс ва $\varepsilon_N = 0$)

№ т/р	Таклиф этилган тенгламалар	Тенгламалар коэффициентлари ва уларнинг қийматлари	
1.	$E_N = E_{nk} (T/T_S)^{\chi_1}$	$E_{nk} = 2872,94$ МПа	$\chi_1 = -0,302174$
2.	$E_e = E_{ek} (T/T_S)^{\chi_2}$	$E_{ek} = 1274,765$ МПа	$\chi_2 = -0,544665$
3.	$E_m = E_{mk} (T/T_S)^{\chi_3}$	$E_{mk} = 2705,089$ МПа	$\chi_3 = -0,202455$
4.	$E_S = E_{sk} (T/T_S)^{\chi_4}$	$E_{sk} = 2579,042$ МПа	$\chi_4 = -0,141952$
5.	$E_k = E_{kk} (T/T_S)^{\chi_5}$	$E_{kk} = 2222,35$ МПа	$\chi_5 = -0,365873$
6.	$\varepsilon_e = a_e + b_e T$	$a_e = 0,000321$	$b_e = 0,000034$ текс ⁻¹
7.	$\varepsilon_m = a_m + b_m T$	$a_m = 0,006054$	$b_m = 0,000125$ текс ⁻¹
8.	$\varepsilon_S = a_S + b_S T$	$a_S = 0,022211$	$b_S = 0,000235$ текс ⁻¹
9.	$\varepsilon_k = a_k + b_k T$	$a_k = 0,056204$	$b_k = 0,000453$ текс ⁻¹

Диссертациянинг «Пахта ипининг динамик деформацияланишида унинг таркиби ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда деформацияланишнинг ночизик қонунлари ва уларнинг таҳлили» деб номланган тўртинчи бобида мавжуд чизикли ёпишқоқ эластик жисм модели ва пахта ипининг узилгунча чўзилиши бўйича тажриба натижалари асосида, ипининг механик хоссаларини ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда пахта ипининг ночизик деформацияланиш қонуни тавсия қилинган:

$$E_D^{-1}(\varepsilon) \frac{d\sigma}{dt} + E_S^{-1}(\varepsilon) \mu(\varepsilon) \sigma = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon) \varepsilon \quad (4)$$

бу ерда $E_S(\varepsilon)$ ва $E_D(\varepsilon)$ – материал деформациясининг статик ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow 0$) ва динамик ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow \infty$) ўзгарувчан модуллари; $\mu(\varepsilon)$ – материалнинг ҳажмий ёпишқоқлик ўзгарувчан параметри. Бу ерда $E_S(\varepsilon)$, $E_D(\varepsilon)$ ва $\mu(\varepsilon)$ – пахта ипи чўзилишида унинг таркибий ўзгаришларни ифодалайдиган функциялар, яъни пахта ипи чўзилганда, унинг таркиби ва натижада физик-механик хоссалари ўзгаради. Ип таркибининг ўзгариш параметри, 2-чи бобда кўрсатилгандек, деформация ўзгаришини ўзи орқали ифодаланади.

Ушбу (4) қонуннинг тажрибавий текширилиши (4) тенглама орқали олинган ҳисоблар натижаларини пахта ипи узилгунча чўзилишда бўлган (2-боб) тажрибавий $\sigma(\varepsilon)$ эгри чизиклари билан солиштириш орқали амалга оширилади.

Берилган қонунга баҳо бериш ва таҳлил қилиш учун (4) тенглама функциялари параметрларининг қийматлари керак. Тажрибавий $F(\varepsilon)$ диаграмма асосида олинган $E(\varepsilon)$ эгри чизикни (1чи эгри чизик, 3-расм) $E_S(\varepsilon)$

функцияси деб қабул қиламиз. Ушбу $E_s(\varepsilon)$ функцияси ип чўзилишида деформация тезлиги $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0,015 \text{ с}^{-1}$ ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow 0$) қийматида олинган, сўнг $\gamma = \frac{E_D(\varepsilon)}{E_s(\varepsilon)} > 1$ муносабатдан фойдаланиб $E_D(\varepsilon)$ аниқланган. Бунинг учун γ қиймати керак. Аниқ ёпишқоқ хусусиятларга эга пахта ипи учун γ қиймати тахминан 1,1 дан 4 ораликда ўзгаради. Ушбу γ -нинг аниқ қиймати мос тажрибалар орқали олинishi керак. Келтирилган μ_N қиймати $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$ дан $\mu_N = 1 \text{ с}^{-1}$ ораликда ўзгаради деб қабул қиламиз. Келтирилган (4) модел параметрларининг баҳолаш қийматларидан фойдаланиб, ипнинг такдим қилинган деформацияланиш қонунининг тенгламаларини таҳлил қилиш мумкин.

Тажрибага мос ҳолда деформациянинг ўзгаришини қуйидаги тенглама орқали берамиз

$$\varepsilon = \varepsilon_k \sin \frac{\pi t}{2t_k} \quad (5)$$

бу ерда, ε_k – деформациянинг $t = t_k$ бўлганидаги критик қиймати; t – вақт; π – Пифагор сони; $\varepsilon = \varepsilon_k$ бўлганда, $\sigma = 0$ деб қабул қиламиз.

Пахта ипининг чўзилиши бўйича ўтказилган тажриба натижалари асосида, олинган ипнинг ҳақиқий чизикли зичлиги $T = 50,03$ текс бўлганда (4)-чи модель параметрлари ва уларининг қийматлари қўйидагича: $T = 50,03$ текс: $\varepsilon_N = 0,00025$; $\varepsilon_e = 0,00162$; $\varepsilon_m = 0,01317$; $\varepsilon_k = 0,06202$; $E_N = 3195,0$ МПа; $E_e = 2130,0$ МПа; $E_m = 4074,7$ МПа ва $E_k = 2920,0$ МПа.

Қуйидаги тенглама орқали γ -нинг жорий қиймати аниқланади

$$\gamma = \gamma_N + (\gamma_m - \gamma_N) \left(\frac{d\varepsilon}{\mu(\varepsilon)dt} \right)^\omega \quad (6)$$

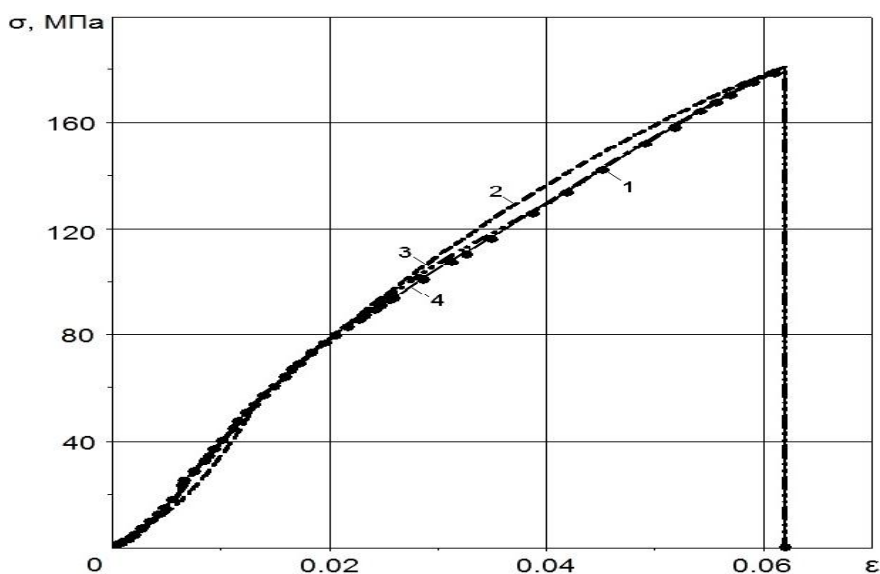
бу ерда $\mu(\varepsilon)$ қуйидаги $\mu(\varepsilon) = \mu_N \exp(-\alpha \varepsilon / \varepsilon_k)$ муносабатдан аниқланади; $\omega = 0,1$ ўхшаш даража кўрсаткичи; γ_N – γ -нинг бошланғич қиймати; γ_m – пахта ипи учун γ -нинг максимал қиймати; $\alpha = \ln \gamma_m$; $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$; $\gamma_N = 1,1$ ва $\gamma_m = 4$.

Ушбу (4) тенглама пахта ипининг узилгунича чўзилишида ипнинг таркибий ўзгариши билан боғлиқ деформациянинг ўзгарувчан модулини ҳисобга олган ҳолда эластик-ёпишқоқ-пластик деформация жараёнини ифодалаб беради. Юқорида кўрсатилган маълумотлардан фойдаланиб ва (4) тенгламага (5) деформацияни ўзгариш қонуниятидан қийматларни бериб, чекли айирмалар усулини қўллаб кучланиш қийматини аниқлаймиз. Олинган σ ва ε қийматлари $\sigma(\varepsilon)$ назарий диаграммасини қуришга имкон беради.

Солиштирма диаграммалари $\sigma(\varepsilon)$ б-расмда келтирилган, бу ерда 1-чи эгри чизик (қора доирачалар), ўрталаштирилган экспериментал $F(\varepsilon)$ эгри чизикқа мос келади; 2-чи эгри чизик $E(\varepsilon)$ тажриба боғлиқлигини аппроксимациялаб, (1) муносабатлар орқали фақат ε_N , ε_e , ε_m , ε_k , E_N , E_e , E_m

ва E_k қийматларидан фойдаланиб 3-расмдаги 3-чи эгри чизик орқали олинган. Бу ҳолда тажрибадан ҳисоб билан олинган $\sigma(\varepsilon)$ боғлиқлик қоникарли устма- уст тушади. 3-расмдаги 3-чи эгри чизик $E(\varepsilon)$ боғлиқликдан 2-чи эгри чизик орқали олинган. Тажриба эгри чизигининг аппроксимацияси ўнта нукта ёрдамида амалга оширилади ва бу ҳолда тажриба ҳамда ҳисоб билан олинган $\sigma(\varepsilon)$ эгри чизикларининг мослиги 98%. Ҳисобларда тажриба нукталарини ишлатганимизда (3-расмдаги 1-чи эгри чизик), $E(\varepsilon)$ аппроксимациясида 50 та тажриба нуктаси ишлатилганда, $\sigma(\varepsilon)$ тажриба ва ҳисоб қилиб олинган боғлиқликлари (4-чи эгри чизик) 100%-га мос келади. Бу ҳисобларда ёпишқоқлик параметрининг бошланғич қиймати $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$. Агарда $\varepsilon = \varepsilon_k$ бўлганда (6-расм), ип узилиб кучланиш дарҳол нолга тушиб кетади. Ушбу 6- расмдан кўриниб турибдики (4) ночизик қонун жуда яхши аниқликда $\sigma(\varepsilon)$ экспериментал боғлиқликни ифодалай олади.

Сўнгра, пахта ипининг ночизик ёпишқоқ эластик (4) деформацияланиш моделининг параметрик таҳлили кўрсатдики, келтирилаётган модель диссертациянинг 2- бобида изоҳ қилинган тажриба натижаларига мос келади.



6- расм. Тажрибадан олинган $\sigma(\varepsilon)$ диаграммаси ва унинг ҳисоб йўли орқали олинган назарий диаграмма билан солиштириш

Шунингдек, пахта ипининг ночизик ёпишқоқ эластик (4) деформация қонунияти, тажриба тадқиқотларида кузатиладиган пахта ипининг статик чўзилишида вужудга келадиган барча асосий хоссаларни ҳисобга олади. Бу ҳолда деформацияланиш тезлиги $d\varepsilon/dt = 0,015 \text{ с}^{-1}$ га тенгдир.

Пахта ипининг (4) деформацияланиш қонунияти ип узилгунича бўлган жараёнига изоҳ беради. Тўқимачилик ишлаб чиқаришдаги технологик жараёнларида ипнинг юксизланиш ҳолати бўлиши мумкин. Пластик назариянинг умумий қоидаларидан келиб чиққан ҳолда, пахта ипининг феноменал юксизланиш қонуни кўйидагича тавсия қилинади. Ип

юксизланишининг исталган босқичида унинг юксизланиши қуйидаги тенглама билан ифодалаш тавсия этилади

$$\frac{d\sigma}{E_R(\varepsilon)dt} = \frac{d\varepsilon}{dt} ; \quad \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \quad (6)$$

бу ерда $E_R(\varepsilon)$ – ипнинг пластик деформация хусусиятини ҳисобга оладиган юксизланиш ўзгарувчан модули.

Ипнинг чўзилишидаги юксизланиш модули қийматини аниқлашда қуйидаги муносабатлар тавсия этилади

$$E_R(\varepsilon) = E_T ; \quad 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad (7)$$

$$E_R(\varepsilon) = E_T \exp[\varphi(I_S - 1)] ; \quad \varepsilon_e < \varepsilon < \varepsilon_m \quad (8)$$

$$E_R = E_T \exp\left[\varphi\left(\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_e} - 1\right)\right] ; \quad \varepsilon \geq \varepsilon_m \quad (9)$$

бу ерда E_T – (1)-чи тенгламадан аниқланадиган юксизланиш пайтидаги деформация модулининг жорий қиймати; $\varphi = \frac{\varepsilon_e \ln(K_R)}{\varepsilon_m}$ – ўлчовсиз коэффициент бўлиб, $\sigma(\varepsilon)$ диаграммасида юксизланиш эгри чизиғининг деформация ўқиға қиялигини ифодалайди; $K_R = \frac{E_R}{E_T}$ – ўлчовсиз коэффициент бўлиб, юксизланиш модулининг максимал қийматини ифодалайди; $I_S = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_e}$ – ипнинг чўзилишидаги таркибий ўзгаришининг пластик хоссаларига боғлиқлигини ифодалайдиган кўрсаткичи.

Юқорида келтирилган (7)-(9) тенгламаларга асосан, деформация $[0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e]$ оралиғида ипнинг деформацияланиш жараёни чизикли ва юксизланганда бутунлай асл ҳолға қайта олади, $[\varepsilon_e < \varepsilon \leq \varepsilon_m]$ оралиқда эса ночизик ва асл ҳолатиға қисман қайта олади. Шунингдек, $\varepsilon = \varepsilon_e$, $I_S = 1$ ва $E_R(\varepsilon) = E_T$, ҳамда $\varepsilon = \varepsilon_m$, $I_S = I_{S_{\max}} = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_e} > 1$ бўлганда $E_R(\varepsilon)$ максимал қийматға чиқади, сўнгра $[\varepsilon_m < \varepsilon \leq \varepsilon_k]$ оралиқда (9) тенгламага мувофиқ ўзгармас бўлиб қолади.

Олинган (4) ва (6) тенгламалар (7)-(9) муносабатлар билан биргалиқда, пахта ипининг юксизланиш деформация қонуни бўлади.

Юқоридаги натижалар кўрсатадики, деформациянинг (4) ночизик қонуни стандарт-чизикли жисм модели асосида ишлаб чиқилган ва ипнинг узилишигача бўлган жараёни етарли даражада изоҳлайди. Ипнинг ночизик деформацияланиш хусусиятлари, унинг деформация модулининг ўзгариши натижасида содир бўлади.

Бошқа муаллифлар томонидан, тўқимачилик саноатининг технологик жараёнларини таҳлили асосида, аниқланган ипнинг деформацияланиш қонунларини қуйидаги тенгламалар орқали ифодаланиб

$$\varepsilon = a_\varepsilon t, \quad a_\varepsilon = n \varepsilon_k / t_k, \quad \varepsilon = \varepsilon_k \sin(\pi t n / (2 t_k)), \quad \varepsilon(t) = abs\left(\varepsilon_a \sin \frac{\pi t}{2 t_k}\right),$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin(\pi n(t-t_R)/2t_k), \quad \varepsilon = \left| \varepsilon_{\max} \sin(\pi n(t-t_R)/(2t_k)) \right| \quad (10)$$

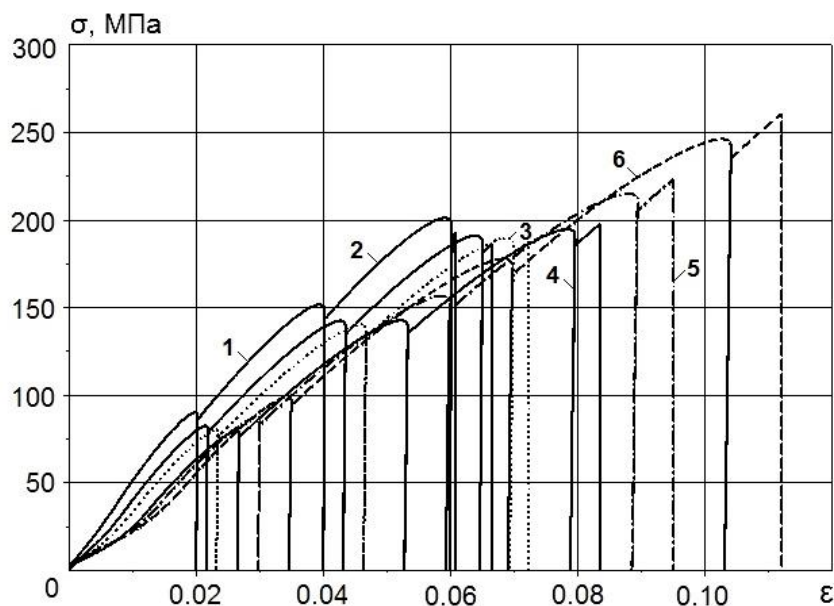
деформация ўзгариши қонуниятларига асосланиб тавсия қилинган физик нозичиқ деформацияланиш (4), (6) қонуни параметрик таҳлил қилинди.

Пахта ипининг эластик-ёпишқоқ-пластик деформацияланиш жараёни нотекис динамик юкланишларида (10), ипнинг T чизикли зичлигига ҳам боғлиқ.

Келтирилган 7-расмда $T = 10, 20, 30, 50, 70$ ва 100 текс (мос равишда 1-6-чи эгри чизиклар) қийматларида охириги (10)-чи тенгламаларнинг охириги формуласи асосида, ўзгарадиган юк таъсиридан аниқлаб олинган ярим цикл «юкланиш-юксизланиш» диаграммалари кўрсатилган.

Бу вариантларда параметрларнинг дастлабки қийматлари қўйидагидир: $\gamma_N = 1,1$; $\gamma_m = 2$ ва $\mu_N = 1 \text{ с}^{-1}$; $K_R = 100$; $n = 5$; $\varepsilon_{\max} = 0,97 \varepsilon_m$. ЭХМда ҳисоблаш вариантларида пахта ипининг фақат чизикли зичликлари ўзгартирилган.

Келтирилган 7-расмдан кўришиб турибдики, пахта ипининг чизикли зичлиги ортганда деформациянинг критик қиймати ўсади, демак критик кучланиш ортади ва ип узилади. $\sigma(\varepsilon)$ боғлиқлик нозичиқ ҳамда ипнинг деформацияланиши эса қайтариб бўлмайдиган жараён.



7-расм. Пахта ипининг эластик-ёпишқоқ-пластик моделининг ип чизикли зичлигига боғлиқ равишда намоён бўлиши

Шундай қилиб, пахта ипининг чўзилиши бўйича тажриба натижалари асосида олинган эластик-ёпишқоқ-пластик қонун ипнинг турли юкланишида тўқимачилик ишлаб чиқарилишидаги технологик жараёнларида рўй берадиган ярим циклик текис бўлмаган юкланишлардан деформацияланиш жараёнини ёритиб беради. Тавсия қилинаётган қонун пахта ипининг турли чизикли зичликдаги эластик, ёпишқоқ ва пластик хусусиятларини ҳисобга олади.

Диссертациянинг «Пахта ипининг чўзилишдаги динамик мустаҳкамлигини, аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилиш усули» деб

номланган бешинчи бобида тавсия қилинган пахта ипининг физик ночизик деформацияланиш қонуни асосида, ип мустаҳкамлигини назарий аниқлаш учун деформацион усули ишлаб чиқилган.

Ип мустаҳкамлигини ҳисоблашда энг маълум ва кўп қўлланиладиган А.Н.Соловьев ҳисоблаш формуласи назарий эмпирик формула бўлиб қуйидаги кўринишига эга

$$P_p = p \frac{N_B}{N} \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{N_B}{N}}} \right) \left(1 - \frac{5}{L_{ш}} \right) x_k \eta \quad (11)$$

бу ерда P_p – ипнинг узилишидаги юкланиши, куч граммда, г; p – пахта толасининг ўртача юкланиши, куч граммда, г; N_B – чизикли зичлик миқдорининг тескариси, ҳисобланган пахта толаси рақами, м/г, яъни $N_B = 1/T_B$, бу ерда T_B – пахта толасининг чизикли зичлиги, текс; N – пахта ипининг рақами, м/г ёки $N = 1/T_{II}$, T_{II} – пахта ипининг чизикли зичлиги, текс; H_0 – ўлчовсиз коэффициент, технологик жараёнининг сирфат кўрсаткичи; $L_{ш}$ – пахта толасининг штапель узунлиги, мм; x_k – ип ўрами бўйича (11) формулага тузатиш, махсус тузилган жадвалдан $\alpha - \alpha_k$ ўрам коэффициентиغا нисбатан олинандиган ўлчовсиз миқдор; η – текстил ускунаси ҳолатига тузатиш, ўлчовсиз коэффициент, ускуна ҳолатига 1,0 дан 1,1 гача ўзгаради.

Диссертацияда пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш ва башорат қилиш тенгламаси бевосита (4) қонундан қуйидаги кўринишда олинган

$$\sigma_k = E_{sk} \left(\frac{d\varepsilon}{dt} + \mu_k \varepsilon_k \right) \frac{1 - e^{-\mu_k \gamma_k t_k}}{\mu_k} \quad (12)$$

бу ерда, σ_k – ип узилишидаги критик кучланиш (мустаҳкамлик); E_{sk} – пахта ипининг, $t = t_k$ узилиш пайтидаги статик деформация модули; μ_k – пахта ипининг узилиш пайтидаги ёпишқоқлик параметри; $\gamma_k = E_{dk} / E_{sk}$, E_{dk} – ипнинг узилиш пайтидаги динамик деформация модули.

Келтирилган (12) тенглама 7 параметрдан ташкил топган: E_{sk} , ε_k , t_k , $\frac{d\varepsilon}{dt}$, μ_k , γ_k ва E_{dk} .

Ип узилиш пайтидаги $\frac{d\varepsilon}{dt}$ деформацияланиш тезлиги маълум деб ҳисобланади. Тажрибада $\frac{d\varepsilon}{dt}$ миқдори бериледи. Пахта ипининг узилиш пайтидаги μ_k ҳажмий ёпишқоқлик параметри $\mu_k = \mu_N / \gamma_m$ формуласи билан аниқланади.

Шу жойда таъкидлаш керакки (12) тенглама $\sigma(\varepsilon)$ диаграммаси ҳамда $\sigma(t)$, $\varepsilon(t)$ функцияларининг фақат бир нуқтаси, яъни $\sigma = \sigma_k$, $\varepsilon = \varepsilon_k$, $t = t_k$ нуқтаси учун ўринлидир. Шунингдек E_{sk} , μ_k , γ_k параметрлар ҳам ушбу $t = t_k$ нуқтага тегишлидир.

Бундай ҳолда, пахта ипининг мустаҳкамлиги, ипнинг узилиш вақтидаги, яъни $\varepsilon = \varepsilon_k$ ҳолдаги мустаҳкамлигидир. Шунинг учун (12) тенглама орқали аниқланган ипнинг мустаҳкамлиги тахминийдир.

Деформациянинг ва кучланишнинг ипнинг узилгунча чўзилиш жараёнидаги ўзгаришни ҳисобга олиб, ипнинг мустаҳкамлиги (4) тенгламадан сонли усул орқали аниқланиши мумкин. Бешинчи бобда олинган ҳисоблар натижалари кўрсатдики, деформацияланиш тезлиги $d\varepsilon/dt \leq 1 \text{ с}^{-1}$ бўлган ҳолда, (4) ва (12) тенгламалар бир хил натижалар беради. Деформацияланиш тезлиги $d\varepsilon/dt > 1$ бўлганда (12) тенгламадан топилган мустаҳкамлик қиймати (4) тенгламадан топилган қийматдан 2–3 марта каттадир. Буни маъноси шундаки, (12) тенгламанинг тақрибий эканлиги келиб чиқади.

Деформацияланиш тезлиги $d\varepsilon/dt = 1 \text{ с}^{-1}$ бўлган ҳолда ипнинг тезлиги $v_p = 0,5 \text{ м/с}$ га тўғри келади. Ипнинг чўзилиш бўйича ўтказилган тажрибаларда «Statimat C» кўрилмасида ипнинг тезлиги $v_p \approx 0,01 \text{ м/с}$.

Тўқимачилик технологик жараёнларида ипларнинг тезлиги 35–40 м/с гача етиши мумкин. Бунда деформацияланиш тезлиги $d\varepsilon/dt = 70-80 \text{ с}^{-1}$ бўлади. Бундай ҳолларда пахта ипининг мустаҳкамлиги (4) тенгламадан аниқланиши мақсадга мувофиқдир.

Бошқа усуллардан фарқли равишда, деформация усулида ипнинг мустаҳкамлиги пахта ипининг физик ва механик хусусиятлари асосида ҳисобланади. Бу хусусиятлар интеграл хусусиятлардир. Улар тажрибалардан ипни узилгунча чўзиш жараёнида аниқланади ва пахта ипи ва толаларнинг барча хусусиятларини ўз ичига олади. Яъни тажрибадан олинган чўзилиш диаграммасида пахта ипи ва пахта толасининг деформацияланиш жараёнидаги барча геометрик, физик ва механик хусусиятлари ўз аксини топади. Бизнингча, ушбу усул мавжуд усуллар ичида энг объектив усул бўлиб, бошқа усулларни камчиликларини тўлдиради. Ушбу ибора бошқа усулларни инкор этмайди. Эҳтимол, бу усуллар бир-бирини тўлдиради ва тўқимачилик иплари механикаси каби мураккаб илм-фанни бойитади.

Шундай қилиб, пахта ипининг солиштирма мустаҳкамлиги ҳисоб йўли билан куйидаги тенгламалар орқали олинади:

- А.Н.Соловьев усули ((11) тенглама):

$$P_{II} = \frac{P_B}{T_B} \left\{ 1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{T_{II}}{T_B}}} \right\} \left(1 - \frac{5}{L_{III}} \right) \chi_k \eta, \text{ сН/текс}$$

- деформацияланиш усули ((12) тенглама):

$$P_k = \frac{E_{sk}}{15} \left(\frac{d\varepsilon}{dt} + \mu_k \varepsilon_k \right) \frac{1 - \exp(-\mu_k \gamma_k t_k)}{\mu_k}, \text{ сН/текс}$$

- бевосита ночизиқ (4) қонундан:

$$\frac{d\sigma}{E_D(\varepsilon)dt} + \mu(\varepsilon)\frac{\sigma}{E_S(\varepsilon)} = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon)\varepsilon; \quad \frac{d\varepsilon}{dt} > 0, \quad 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_k$$

- меросий моделдан:

$$P_H = \frac{1}{15} \left(E_{Dk} \varepsilon_k - E_{Sk} \int_0^t R(t-\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right), \text{ сН/текс}$$

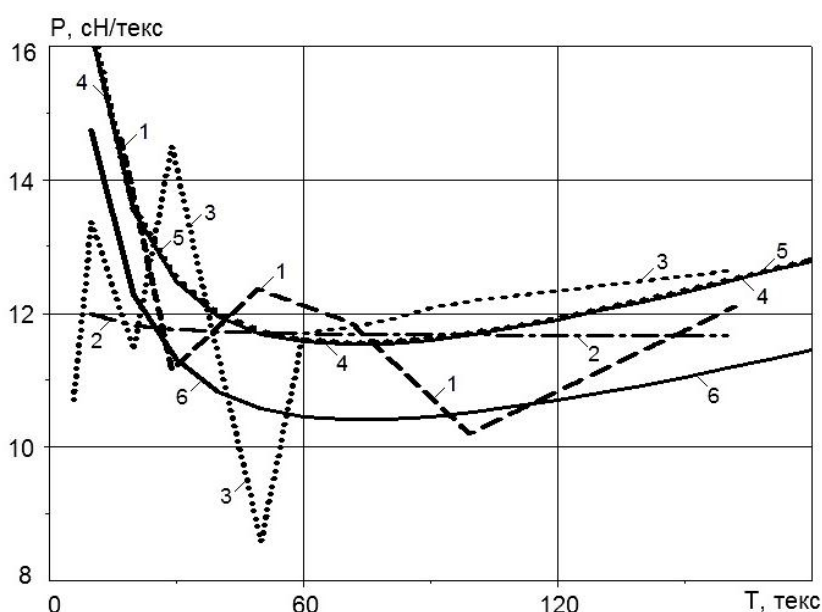
- пахта ипининг узилишигача чўзиб ўтказилган тажриба натижалари ва F_k ҳамда T қийматлари асосида ҳақиқий мустаҳкамлик формуласи

$$P_\phi = F_k / T_\phi \quad (13)$$

- чизиқли зичликлар гуруҳлари бўйича P_ϕ ўртача қиймати асосида

$$P_0 = \frac{F_k}{T} = b_k + \frac{a_k}{T} \quad (14)$$

Олинган ҳисоб натижалари 8-расмда келтирилган.



8-расм. Пахта ипининг мустаҳкамлигини ҳисоблаш натижаларини тажриба билан солиштириш: 1 - тажриба; 2 - ўрталаштирилган тажриба; 3 - А.Н.Соловьев усули; 4 - деформацион усули; 5 - ночизиқ модел; 6 - меросий модел

Бу ерда 1-чи пунктир эгри чизиғи пахта ипининг мустаҳкамлигининг ўзгаришига тегишли, тажриба натижаларидан (13) формула орқали олинган, ва 1-чи эгри чизиқ пахта ипининг ҳақиқий чизиқли зичлигига нисбатан ўзгаришини кўрсатади.

Келтирилган 8-расмдан кўришиб турибдики, (1-чи эгри чизиқ), ипининг чизиқли зичлиги кам бўлган қийматларида, яъни $T = 14,0$ текс бўлганида мустаҳкамлик энг юқори ва чизиқли зичлигк ўсиб бориши билан мустаҳкамлик қиймати камаяди. Кейинчалик мустаҳкамлик қиймати $P_\phi = 11$ сН/текс атрофида тебранади.

Штрихли 2-чи эгри чизиқ (8-расм) гуруҳлар бўйича ўртача чизиқли зичлигига ёки (14) формулага тегишли. Бу ерда мустаҳкамлик қиймати чизиқли зичлик ортиши билан аста-секин ва бир меъёрда камаяди. Бу икки

эгри чизик, яъни 1-чи ва 2-чи эгри чизиклар пахта ипининг чўзилишида узилишига олиб келадиган тажриба натижаларидан олинган. Уларни шартли равишда тажриба эгри чизиклари деб атаймиз, бунда 1-чи эгри чизик-мустаҳкамликнинг ҳақиқий ўзгариши, 2-чи эгри чизик эса – пахта ипининг мустаҳкамлигининг ўртача ўзгариши.

Пунктирли 3-чи эгри чизик (8-расм) А.Н.Соловьев усулида олинган. Пахта ипининг мустаҳкамлигини ҳисоблашда L_{III} штапель узунлик, T_B чизикли зичлик, пахта толасига P_B солиштирма узилши юки РСТ Уз 604-93 (ГОСТ 3279-95)га биноан қабул қилинган. Улар қуйидагилар: $L_{III} = 27-41$ мм; $T_B = 0,125-0,2$ текс; $P_B = 30,9-31,8$ сН/текс; $\varepsilon_k = 9,2-8,4$ %. Сўнгра А.Н.Соловьев формуласидан пахта ипининг солиштирма мустаҳкамлиги аниқланган.

8-расмдан кўриниб турибдики, А.Н.Соловьев усулидан ҳисоб йўли билан олинган 3-чи эгри чизик ҳақиқий тажриба 1-чи эгри чизиги билан устма-уст тушмаган. Аммо, ўрталаштирилган тажрибавий 2-чи эгри чизик билан мос келган, яъни 3-чи эгри чизик 2-чи эгри чизик атрофида тебранади.

8-расмдаги 4-чи эгри чизик деформацион усул формуласидан олинган. Ушбу 4-чи эгри чизикнинг ҳақиқий тажриба 1-чи эгри чизик, ҳамда ўртача тажриба 2-чи эгри чизик, А.Н.Соловьев усули билан олинган 3-чи эгри чизикка нисбатан мос тушиши яхшироқ. Чизикли зичлиги унча катта бўлмаган ипларда 1-чи эгри чизик билан 4-чи эгри чизик мос келиши 100%-ни кўрсатади. Кейин 4-чи эгри чизик 2-чи эгри чизик каби, аста-секин ва бир тарзда ўзгаради. Бу ҳаммаси тавсия қилинаётган пахта ипининг деформацион ҳисоб усули бошқа усуллардан устунлигини кўрсатади.

8-расмдаги 5-чи эгри чизик диссертациянинг 4-бобда изоҳ қилинган усул бўйича (4) тенгламанинг сонли ечими орқали олинган. Ипнинг чўзилишидаги деформациянинг ўзгариши тажрибадагидек бўлса 4-чи ва 5-чи эгри чизиклар бутунлай 100% устма-уст тушади. Бу ҳолда ипнинг деформацияланиш тезлиги ($\frac{d\varepsilon}{dt} = 0,015 \text{ с}^{-1}$). Деформацияланиш тезлиги ортиб борганда 4-чи ва 5-чи эгри чизиклар бир-биридан узоқлашиб кетишади.

8-расмдаги 6-чи эгри чизик, интегрални ҳисоблашда Симпсон усулидан фойдаланиб, меросий модели бўйича олинган. Ипнинг чизикли зичлиги кам бўлганда 6-чи эгри чизик 1-чи тажриба чизигига мос келади. Кейин 1-чи ва 2-чи эгри чизиклардан узоқлашиб кетади. Аммо, 6-чи эгри чизик 4-чи ва 5-чи эгри чизикларга деярли параллел ётади.

Барча кўрилган ҳисоб усулларидан фақат деформацион усулда ипнинг деформацияланиш тезлиги, яъни ип чўзилишида юкланиш тезлиги ҳисобга олинади.

Шунингдек, ип мустаҳкамлигини ҳисоблашда турли усул натижалари билан тажриба натижаларини солиштириш шуни кўрсатадики, тажрибага энг яқин келаётган натижа диссертацияда таклиф қилинган деформацион усул натижаларидир.

Х У Л О С А

«Тўқимачилик саноатининг технологик жараёнларида ҳосил бўладиган динамик кучларни ҳисобга олиб текстил ипларининг мустаҳкамлик назариясини ривожлантириш» мавзусидаги докторлик (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Пахта ипининг узилишгача чўзилиши жараёнини тажрибалар орқали тадқиқи, «чўзувчи куч-деформация» диаграммасининг (чўзилиш диаграммаси) ночизик ўзгариши сабаби, ипнинг чўзилиши жараёнида унинг механик ҳоссалари, жумладан, деформация модулининг ўзгариши эканлигини аниқлаш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул ипнинг чўзилиши жараёнида унинг ночизик деформацияланиши сабаби механик ҳоссаларини, жумладан, деформация модулининг ўзгариши эканлигини аниқлаш имконини беради.

2. Тажрибаларда олинган чўзилиш диаграммаларининг таҳлили асосида, пахта ипи деформация модулининг чўзилиш деформациясига боғлиқ равишда ўзгаришини аниқлаш ва ушбу боғланишни аниқ сонли-аналитик аппроксимация қилиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул пахта ипи деформация модулининг чўзилиш деформациясига боғлиқ равишда ўзгаришини аниқлаш ва ушбу боғланишни аниқ сонли-аналитик аппроксимация қилиш имконини беради.

3. Ҳар хил чизикли зичликдаги пахта ипи деформация модулининг чўзилиш деформациясига боғлиқ равишда ўзгариши бўйича олинган натижалар орқали, деформация модулларининг ипни чизикли зичлигига боғлиқ холда ўзгариши қонуниятларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усуллар ҳар хил чизикли зичликдаги пахта ипини чизикли зичлигига боғлиқ холда деформация модулларини ўзгариши қонуниятларини аниқлаш имконини беради.

4. Пахта ипи деформация модулининг ип чўзилиши жараёнидаги ўзгариши қонуниятлари асосида, пахта ипининг физик ночизик чўзилиш тенгламасини ишлаб чиқиш имкониятини беради ҳамда ушбу тенглама асосида пахта ипи мустаҳкамлигининг ночизик назариясини такомиллаштирилади. Такомиллаштирилган қонуниятлар, пахта ипининг физик ночизик чўзилиш тенгламасини ишлаб чиқиш ҳамда ушбу тенглама асосида пахта ипи мустаҳкамлигининг ночизик назариясини такомиллаштириш имконини беради.

5. Ишлаб чиқилган физик ночизик мустаҳкамлик назарияси тенгламаларининг сонли ечимларини, ип узилгунча чўзилиши бўйича ўтказилган тажрибалар натижалари билан таққосланиб, уларнинг ўзъаро тўла мос эканлиги кўрсатиб берилди. Ушбу физик ночизик мустаҳкамлик назариясини тажрибалар билан таққослаш натижалари ночизик мустаҳкамлик назариясининг пахта ипларини мустаҳкамлигини, бошқа усулларга қараганда аниқроқ баҳолаш ва башорат қилиш мумкинлигини кўрсатиш имконини беради.

6. Тўқимачилик саноати технологик жараёнларида содир бўладиган динамик кучлар таъсиридан ночизиқ назария асосида пахта ипининг чўзилишидаги мустаҳкамлигини аниқлаш масалалари ечимлари асосида, ипнинг мустаҳкамлигига унинг эластиклик ва пластиклик хусусиятларини ҳамда деформацияланиш тезлигини таъсирини сифат ва сон даражаларини кўрсатиш усуллари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усуллар пахта ипининг чўзилишидаги мустаҳкамлигига унинг механик хусусиятлари, жумладан эластиклик ва пластиклик хусусиятлари ҳамда деформацияланиш тезлигини таъсирини аниқлаш имконини беради.

7. Ночизиқ назария асосида ишлаб чиқилган, пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилишнинг деформацион усули, А.Н.Соловьев усули, ҳамда юкланиш тарихини ҳисобга олувчи меъросий механика усуллари асосида пахта ипининг мустаҳкамлиги ҳисобланиб, тажриба натижалари билан таққосланиб деформацион усулнинг афзаллиги кўрсатилди. Таққослаш натижалари деформацион усулни, бошқа усуллардан афзаллигини исботлаш имконини беради.

8. Пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва башорат қилишнинг ишлаб чиқилган деформацион усули таҳлили асосида, ушбу усулнинг тажрибалар натижаларига энг яқин эканлиги кўрсатилди ва ҳозирда мавжуд бўлган усуллар ичида, ипнинг динамик чўзилишида, унинг деформацияланиш тезлигини ҳисобга олувчи ягона усул эканлиги намоён этилди. Таклиф қилинган деформацион усул таҳлили, пахта ипининг динамик чўзилишида, унинг деформацияланиш тезлигини ҳисобга олувчи ягона усул эканлиги асослаб бериш имконини беради.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ МЕХАНИКИ И
СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ И ТАШКЕНТСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

ИСМОИЛОВА САБИДА ИСРОИЛОВНА

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ
С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ВОЗНИКАЮЩИХ В
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ТЕКСТИЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела
05.06.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2017.1.DSc/Т46.

Диссертация выполнена в Институте механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу (www.tiame.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный консультант:	Султанов Карим Султанович доктор физико-математических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Алимова Халимахон Алимовна доктор технических наук, профессор Мардонов Ботир Мардонович доктор физико-математических наук, профессор Абдусаттаров Абдусамат доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	АО «Пахтасаноат илмий маркази»

Защита диссертации состоится « 24 » апреля 2019 года в 14⁰⁰ часов на заседании разового научного совета на основе научного совета DSc.28.02.2018.Т/FM.61.01 при Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз и Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязова 39, зал заседаний №4. Тел.: (+99871) 237-46-68, факс: 237-38-79, e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер _____). Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязова 39. Тел.: (+99871) 237-19-45.

Автореферат диссертации разослан « 4 » апреля 2019 года.
(протокол рассылки №1 от « 4 » апреля 2019 года).

М.М. Мирсаидов
Председатель разового научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор, академик

Ш.О.Худайназаров
Ученый секретарь разового научного совета
по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

Р.А. Абиров
Председатель научного семинара при разовом научном совете
по присуждению ученых степеней, д.ф-м.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике при разработке прогрессивных технологий получения новых текстильных материалов, определение и прогноз их прочности с учетом механических характеристик нитей и тканей остается одной из главных проблем. В связи с этим, возникает необходимость разработки методов определения и прогноза прочности хлопковых пряж при их растяжении с учетом динамических нагрузок, возникающих в современных процессах текстильного производства, где скорости их движения увеличиваются. В этом направлении, например, в США, Великобритании, Нидерландов, Германии, Бельгии, Китае, Южной Кореи, России, Узбекистане и других развитых странах, особое внимание уделяется глубокому исследованию процессов и законов деформирования нитей и хлопковых пряж, что обусловлено обеспечением их прочности¹.

Особое внимание в мире уделяется развитию текстильной промышленности и повышению эффективности текстильного производства, что является объективной необходимостью. Главным фактором экономического развития является повышение производительности труда, в том числе, и в текстильной промышленности. При этом, одним из направлений повышения производительности текстильной промышленности является увеличение скоростей технологических процессов и уменьшение времени простоев оборудования, связанных с обрывностью нитей. Увеличение скоростей и снижение обрывности нитей в ткачестве, безусловно, приводит к увеличению производительности труда. Решение проблемы обрывности непосредственно упирается к вопросам прочности нитей и пряж при увеличении их скорости движения. В этой связи, определение с требуемой точностью прочностных характеристик нитей и пряж при разных скоростях деформирования, оценка, а также их прогноз существенно зависят от закона деформирования нитей и пряж, который должен в определенной степени прояснить или объяснить механизмы деформирования и разрушения нитей и пряж, особенно при разных скоростях деформирования.

В настоящее время в нашей республике особое внимание уделяется проблеме повышения прочности текстильных нитей, в том числе хлопковой пряжи, которая является основным сырьем текстильной промышленности. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи «...повышение конкурентоспособности национальной экономики за счет внедрения новых современных технологий...»². При реализации данных задач, особое значение имеет создание методов определения механических свойств текстильных нитей и

¹ <https://geographyofrussia.com/legkaya-promyshlennost-mira>

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

материалов, разработка методов расчета прочности текстильных изделий и развитие научно-исследовательских работ в этом направлении, имеющих научное и практическое значение.

Исследования, выполненные в рамках настоящей диссертации, в определенной степени служат реализации задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-5285 от 14 декабря 2017 года «О мерах по ускоренному развитию текстильной и швейно-трикотажной промышленности», Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2687 от 21 декабря 2016 года «О программе мер по дальнейшему развитию текстильной и швейно-трикотажной промышленности на 2017-2019 годы», №ПП-2856 от 29 марта 2017 года «По организации деятельности Ассоциации «Узбекипаксаноат»» и Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №53 от 25 января 2018 года «О мерах по внедрению современных форм хлопково-текстильных производств», также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Математика, механика и информатика».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации³. В настоящее время ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на изучение механических свойств текстильных нитей при динамических нагрузках с учетом их структуры во всемирно известных научных институтах, таких как Massachusetts Institute of Technology, North Carolina State University (США), University of Oxford, University of Manchester, (Великобритания), Institute of Textile Machinery and High Performance Technology (Германия), Piraeus University of Textile Engineering (Греция), Universities Gent (Бельгия), Wuhan Textile University (Китай), Textile Engineering University in South Korea (Южная Корея), Istanbul Technical University (Турция), Московским государственным текстильным университетом, Санкт-Петербургским государственным университетом технологии и дизайна, Ивановской текстильной академией (Россия), Ташкентским институтом текстильной и легкой промышленности (Узбекистан).

В рамках, реализуемых в мире научных исследований, в области определения прочности и разрушения текстильных нитей и пряж, с учетом

³ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществляется на основе: <https://journals.sagepub.com/home/trj/>; Seyam A-F. M., Lee J.H., Hondge G., Oxenham W., Grant E. Warp Break Detection in Jacquard Weaving Using Micro-Electro-Mechanical Systems: Effect of Yarn Type//TRJ – 2008, PP.664-670; <https://journals.sagepub.com/home/trj/>; Toda M., Glubovska K.E., Ciesielska-Wrobel I.L. Micro-CT Supporting structural Analysis and modeling of Ropes made of Natural Fibers//TRJ –2015, PP.1-14; <https://journals.sagepub.com/home/jcm/>; Shah D.U., Schubel P.J., Clifford M.J. Modeling the effect of Yarn twist on the Tensile Strength of unidirectional Plant Fiber Yarn Composites//Journal of Composite Materials – 2013, PP.425-436; <http://www.fibtex.lodz.pl/>; Shi Feng Jun. Modeling Stretching-Relaxation Properties of Yarns//Fibers&Textiles in Eastern Europe –2013, PP.51-55 и других источников.

их механических и геометрических характеристик при динамических нагрузках получены ряд научных результатов, в том числе: на основе результатов экспериментов из закона Гука определены закономерности деформирования текстильных нитей с учетом внутреннего трения пряжи (Оксфордский университет, Великобритания); определены обрывности текстильных нитей в технологических процессах в зависимости от их механических характеристик (Текстильный институт Северной каролины, США); определены прочности текстильных нитей методами математического моделирования и конечных элементов (Люксембургский университет, Бельгия); разработаны методы расчетов прочности хлопковых пряж, с учетом межволоконных сил трения в пряже при растяжении (Массачусетский технологический институт, США); разработаны теории прочности текстильных нитей на основе результатов экспериментов в зависимости от механических характеристик текстильных нитей при динамических растяжениях (Гентский университет, Бельгия); в зависимости от качества и класса текстильных нитей разработана теория динамической прочности и решены вопросы ее применения на практике (Вуханский текстильный университет, Китай); разработаны эталоны текстильных нитей на основе современных требований для применения в технологических процессах текстильного производства (Южно-Корейский Университет текстильной промышленности, Южная Корея); разработаны теории прочности текстильных нитей с учетом их структуры на основе закона Гука (Московский текстильный университет, Россия).

В мире ведутся ряд исследований в области текстильной промышленности по определению и прогнозу прочности текстильных нитей на основе ее механических характеристик, усовершенствованию теории прочности и применению их на практике. В том числе, проводятся исследования по следующим приоритетным направлениям: определение структурных свойств и их влияние на прочность нитей; разработка методов определения прочности нитей с учетом их упругих свойств и внутреннего трения; разработка методов определения прочности волокнистых композитных нитей в зависимости от прочности волокон; определение закономерностей деформирования хлопковых пряж при растяжении с учетом их структурных строений и миграции волокон в этой структуре; разработка теории прочности хлопковых пряж при растяжении с учетом процессов внутреннего трения, упругих и пластических свойств волокон; разработка основы прочности текстильных изделий в зависимости от прочности нитей; развитие теории прочности текстильных композитных нитей и пряж и технологии их разработки.

Степень изученности проблемы. В настоящее время для определения прочности текстильных нитей и пряж, а также развитию методов оценки качества текстильных изделий многими учеными мира выполняется ряд научно-исследовательских работ, в том числе: J.W.S.Hearle, H.H.Kaush, F.T.Peizce, B.S.Gupta, W.Oxenham, E.Grant, Y.Huh, Weiyu He, Shaorui Zhang, K.E.Glubovska, V.B.Merchant, H.Kawasaki, J.D.Collins, A.Jounes, C.F.Zorowski,

H.Nosraty, M.Toda, D.U.Shah, Я.Френкель, А.М.Сталевич, В.П.Щербаков, А.Г.Макаров, В.Г.Тиранов, В.Ш.Саркисов, Н.С.Скуланова, Т.А.Кузина, И.И.Мигушов, Т.Н.Кукин, Н.Д.Алыменкова, Г.М.Бартенев, Ю.В.Якубовский, Г.Н.Федосеев, А.П.Болотный и др. В их работах достигнуты существенные результаты по разработке методов определения прочности текстильных нитей на основе результатов экспериментов. Исследования в области оценки и прогноза прочности текстильных нитей с помощью теоретических и эмпирических формул, развития закономерностей линейного деформирования нитей в зависимости от их структуры впервые проведены рядом авторов W.E.Weber, X.A.Рахматуллин, М.Т.Уразбаев, W.E.Morton, L.Van Langenhove, R.L.Steinberger, А.П.Минаков, Б.А.Бузов и др.

Отечественные ученые X.A.Алимова, Б.М.Мардонов, М.М.Мукимов, Р.З.Бурнашев, К.Ж.Жуманиязов, Қ.Г.Гафуров, проводили исследования физико-механических свойств хлопковых пряж, методов определения прочности хлопковых волокон, определения параметров колебания текстильных нитей при динамических нагрузках, возникающих в технологических процессах текстильного производства. Вопросами прочности нитей при продольных и поперечных ударах, прочности нитей на основе теории наследственной механики, прочности нитей в зависимости от параметров технологических процессов при их изготовлении занимались Т.Р.Рашидов, Т.М.Мавлонов, М.Э.Эргашов, Ш.А.Кадыров, А.М.Махаматханов, И.И.Ибрагимов, А.Б.Бараев, К.Ш.Латипов, А.Э.Гуламов и другие ученые.

В настоящее время, в республике вопросам развития теории прочности хлопковых пряж с учетом динамических нагрузок, определения достоверных источников и точных закономерностей деформирования текстильных нитей, определения нелинейных деформационных характеристик хлопковых пряж из экспериментов, определения динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства, определения скорости деформирования нитей при растяжении достаточного внимания не было уделено. По этой причине, решение задач по определению причин проявления нелинейных свойств текстильных нитей при деформировании, определению закономерностей нелинейного деформирования хлопковой пряжи и усовершенствование теории прочности хлопковых пряж, разработка методов определения, оценки и прогноза прочности пряж с учетом их скорости деформирования приобретают существенное значение.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Института механики и сейсмостойкости сооружений по темам: Ф4-ФА-Ф-051 «Разработка волновой теории сейсмостойкости сооружений» (2012-2016), Ф.12-12 «Волновые процессы в гибких деформируемых нитях при их скольжении по твердым поверхностям» (2012-2013), Ф.9-14 «Процессы нелинейного деформирования композитных материалов и определения их закономерностей из результатов опытов»

(2014-2015), Ф.5-16 «Определение критериев прочности и сейсмостойкости канатных и вантовых конструкций при динамических воздействиях» (2016-2017) и Ф.8-18 на тему «Развитие теории прочности текстильных нитей с учетом скорости деформирования при растяжении» (2018-2019).

Целью исследований является усовершенствование теории прочности текстильных нитей с учетом динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства и разработка методов определения, оценки и прогноза прочности пряж.

Задачи исследований:

провести анализ полученных экспериментальных диаграмм «напряжение-деформация» для хлопчатобумажных пряж и определить причины проявления их нелинейных свойств;

разработать методы определения параметров структурных изменений пряж из результатов опытов при их динамическом растяжении;

определить из результатов экспериментов закономерности нелинейного деформирования пряж при динамических нагружениях, и на их основе усовершенствовать теорию прочности хлопковых пряж;

провести параметрический анализ усовершенствованной теории прочности хлопковых пряж и разработать методы определения ее основных параметров;

разработать метод определения напряженно-деформированного состояния пряж при динамических нагрузках, возникающих в технологических процессах текстильного производства на основе усовершенствованной теории прочности хлопковых пряж;

разработать метод определения, оценки и прогноза прочности пряж при динамических нагружениях на основе проведенных исследований для применения при проектировании текстильных изделий и материалов.

Объектами исследований являются хлопчатобумажные пряжи с различными линейными плотностями, полученные пневмомеханическим способом прядения в текстильном производстве.

Предмет исследований: нелинейные свойства хлопчатобумажной пряжи при динамическом растяжении, изменение сложной структуры пряжи состоящей из переплетенных хлопковых волокон при растяжении, прочность и обрыв хлопчатобумажной пряжи при динамических нагружениях, влияние на прочность пряж скорости деформирования при растяжении, также процессы «напряжения-деформирования» пряжи.

Методы исследований. В процессе исследований были использованы экспериментальные методы на современной разрывной установке «Statimat C», теоретические численные методы конечных разностей и линейной интерполяции.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработаны методы определения закономерностей составляющих прочность пряж, с учетом механических характеристик хлопковых пряж на

основе результатов растяжения пряжи до обрыва при различных значениях ее линейной плотности;

усовершенствована физически-нелинейная упруго-вязкопластическая математическая модель на основе модели Эйринга;

разработана нелинейная закономерность деформирования хлопковой пряжи с учетом переменности механических характеристик при растяжении;

разработан метод определения прочности хлопковой пряжи при динамических усилиях, возникающих в технологических процессах текстильного производства на основе нелинейной деформационной модели текстильных нитей;

разработан деформационный метод определения прочности хлопковой пряжи при растяжении с учетом скорости деформирования, переменных механических характеристик, внутреннего трения и линейной плотности пряжи;

усовершенствована модель деформирования хлопковой пряжи с учетом полуциклических и других динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработан метод определения модулей упругости, пластичности и разгрузки, а также коэффициента внутреннего трения хлопковых пряж с различной линейной плотностью в процессах деформирования;

разработан метод определения прочности хлопковых пряж в зависимости от ее линейной плотности, механических характеристик и скорости деформирования;

разработана компьютерная программа для расчетов прочности хлопковых пряж с различными линейными плотностями при полуциклических, циклических и динамических нагрузках, возникающих в технологических процессах текстильного производства;

разработана компьютерная программа для определения прочности хлопковой пряжи на основе усовершенствованной нелинейной теории прочности хлопковых пряж и деформационного метода.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований основана на применении точных математических методов и сопоставлении теоретических результатов с полученными результатами экспериментов и известными результатами полученными другими авторами.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследований заключается в разработке усовершенствованной нелинейной теории прочности хлопковых пряж при растяжении с учетом динамических нагрузок и возможности применения данной усовершенствованной теории при оценке прочности других текстильных нитей и пряж.

Практическая значимость работы заключается в разработке деформационного метода, который позволит прогнозировать обрывность текстильных нитей в технологических процессах и приведет к уменьшению

простоев текстильных оборудований и повышению производительности текстильного производства.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов по развитию теории прочности текстильных нитей с учетом динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства получены следующие научные результаты:

усовершенствованный метод определения прочности с учетом механических характеристик хлопковых пряж и деформационный метод определения прочности с учетом скорости деформирования при растяжении внедрен на предприятиях ООО «TEXNO TEX», ЧП «SHAMS» при Ассоциации «Узтекстильпром» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» №ДМ-12-5896 от 06 ноября 2018 года). В результате применения предложенных методов при определении, оценке и прогнозе прочности хлопковых пряж с линейными плотностями $T = 15,4-160,0$ текс создана возможность сокращения времени расчета в 2 раза за счет высокой точности и эффективности этих методов и повышения результативности расчетно-проектных работ на 25%;

разработанный метод оценки прочности хлопковых пряж и метод определения прочности при динамических нагрузках возникающих в технологических процессах текстильного производства внедрен на предприятии ООО «SHOVOT TEXTIL» при Ассоциации «Узтекстильпром» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» №ДМ-12-5896 от 06 ноября 2018 года). В результате использования методов при оценке CV_m (неровноты по массе) хлопчатобумажной пряжи с линейной плотностью $T=20$ текс привело к повышению точности оценки CV_m , в результате создана возможность повышения экономического эффекта на 20%.

разработанный деформационный метод определения прочности хлопковой пряжи при растяжении с учетом скорости деформирования, механических характеристик, внутреннего трения и линейной плотности внедрены на предприятии ООО «Iroda Gazmol Buznes» при Ассоциации «Узтекстильпром» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» №ДМ-12-5896 от 06 ноября 2018 года). В результате использования нового метода расчета прочности хлопчатобумажной пряжи, при производстве ткани из нитей основы с линейной плотностью $T=29,4$ текс и уточных нитей с линейной плотностью $T=20$ текс создана возможность снижения обрывности нитей основы на 23%, а уточных нитей на 45% и увеличения качества ткани на 22%.

усовершенствованный метод определения прочности хлопковой пряжи при динамических нагрузках возникающих в технологических процессах текстильного производства внедрены на предприятии ООО «Jamstyle» при Ассоциации «Узтекстильпром» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» №ДМ-12-5896 от 06 ноября 2018 года). В результате использования нового метода расчета прочности хлопчатобумажных пряж при изготовлении ткани с поверхностной плотностью 105 г/м^2 из хлопчатобумажной пряжи с линейной плотностью $T=60$ и 75 текс на ткацком станке MBJ6 создана возможность снижения обрывности на 26%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований были апробированы и одобрены на 16 конференциях, в том числе обсуждены на 5 международных и 11 республиканских научно-технических конференциях и семинарах.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликованы всего 43 научные работы. Из них 20 научных статей, в том числе 14 в республиканских и 6 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, издана 1 монография.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 190 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении диссертации обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации на основе проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, описаны объект и предмет исследования, показано соответствие диссертационного исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложена достоверность полученных результатов, научная новизна и практическая ценность, внедрение результатов исследования, апробация работы, опубликованность результатов, структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Прочность текстильных нитей и пряж при динамических нагрузках возникающих в текстильном производстве: состояние вопроса, проблемы и пути их решения»** представлен обзор выполненных научных работ республиканских и зарубежных авторов по механике текстильных нитей и пряж, как основа технологии текстильного производства. При этом, одним из основных проблем механики нитей является исследование их прочности, так как прочность текстильных изделий и материалов неразрывно связана с прочностью нитей, из которых они изготавливаются в сложнейших технологических процессах текстильного производства.

Определению и оценке прочности текстильных нитей посвящено огромное количество трудов исследователей. Анализ этих работ показывает, что при определении и прогнозе прочностных характеристик текстильных нитей, основываются на линейные упругие и вязкоупругие законы деформирования при растяжении. Проблема обрывности нитей и пряж, в технологических процессах текстильного производства, не нашла решения до настоящего времени и она существенно влияет на качество изделий и производительность текстильной промышленности. Решение проблемы обрывности, непосредственно упирается к вопросам прочности нитей и пряж. Определение с требуемой точностью прочностных характеристик нитей и пряж, их оценка, а также их прогноз существенно зависит от закона

деформирования, который должен в определенной степени прояснить или объяснить механизмы их деформирования и разрушения. Как показывает обзор работ в первой главе, до настоящего времени не имеется более или менее отвечающего современным требованиям закона деформирования нитей и пряж при их растяжении.

Исходя из этого, настоящая диссертационная работа посвящена экспериментальному определению законов деформирования хлопчатобумажных пряж, построению на их основе физически нелинейных законов деформирования и с использованием разработанных законов созданию метода определения оценки и прогноза прочности пряж при растяжении под действием динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства.

Во второй главе диссертации под названием **«Экспериментальное определение законов деформирования хлопчатобумажной пряжи при растяжении»** приведены результаты серийных экспериментов по растяжению хлопчатобумажных пряж с различными линейными плотностями до обрыва и их анализ.

Для определения экспериментальных законов деформирования хлопчатобумажной пряжи (в дальнейшем пряжа), т.е. диаграммы «растягивающая сила-деформация», проведены опыты на разрывной установке «Statimat C» в лаборатории «Centexuz» при ТИТЛП.

Для проведения опытов использовалась однородная хлопчатобумажная пряжа кардной системы, выработанная на пневмомеханической прядильной машине из средневолокнистого хлопка 1-го сорта, 1-й группы зрелости, 4-го типа волокна. При их изготовлении, в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 11970.0-2003 были заданы номинальные линейные плотности пряжи (в скобках указано количество бобин): $T = 14,0$ (2); $15,4$ (2); $16,5$ (2); $18,5$ (5); $29,0$ (16); $50,0$ (10); $72,0$ (4); $100,0$ (3) и $160,0$ (1) текс. Отборы пряж для испытания с данными линейными плотностями являются случайными. Перед проведением опытов фактическая линейная плотность пряжи для каждой бобины определялась отдельно.

Испытания проводились сериями по 50 повторов с каждой бобины (всего 45 бобин). Длина образцов составляла 500 мм, средняя скорость растяжения нити 500 мм/мин. Время растяжения в среднем от 5 до 8 с.

На рис.1 приведены 50 зависимостей растягивающей силы от относительной деформации $F(\varepsilon)$, полученные для пряжи с линейной плотностью $T = 50,0$ текс. Зависимости $F(\varepsilon)$, полученные в опытах для остальных 45 бобин пряжи аналогичны кривым на рис.1.

Как видно из рис.1, экспериментальные зависимости $F(\varepsilon)$ являются нелинейными, при этом, в процессе деформирования знак кривизны $F(\varepsilon)$ меняется. В начале процесса деформирования пряжи зависимость $F(\varepsilon)$ имеет выпуклость вниз, а затем вверх. Далее зависимость $F(\varepsilon)$ примерно остаётся линейной.

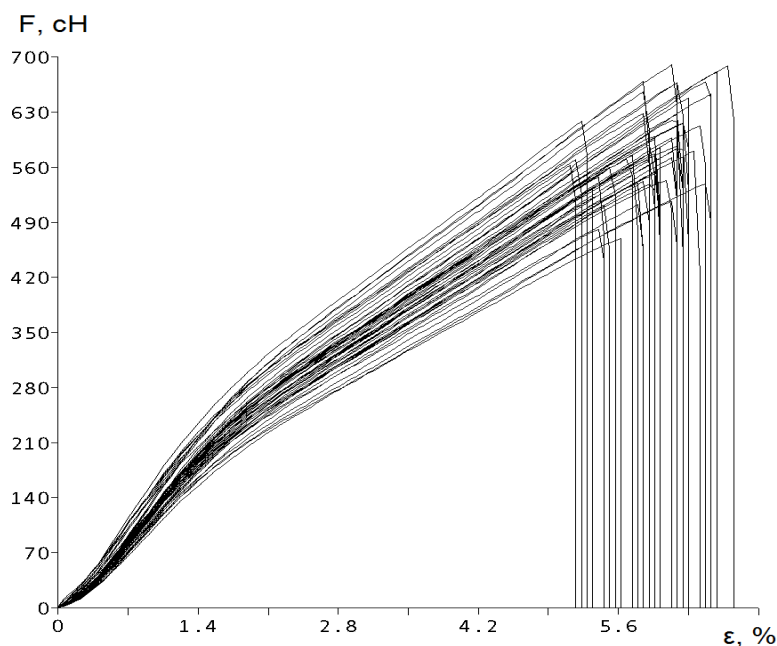


Рис.1. Экспериментальные зависимости $F(\varepsilon)$ для пряжи с линейной плотностью $T=50,0$ текс

Нелинейность зависимостей $F(\varepsilon)$ очевидно связана с изменением структуры пряжи при растяжении. При растяжении происходит сложный процесс изменения структуры пряжи, связанный с взаимными относительными смещениями хлопковых волокон, что в первую очередь определяет характер изменения зависимости $F(\varepsilon)$. Изменение структуры пряжи, т.е. перестроение, переупаковка, миграция волокон в составе пряжи приведет к изменению физико-механических свойств, то есть, при растяжении в процессе деформирования меняется структура пряжи, в результате изменяются ее первоначальные механические характеристики, такие как: плотность, модуль упругости, коэффициент Пуассона, вязкости и т.д.

В процессе растяжения пряжа испытывает фактически одновременно упругие и пластические стадии деформирования, поэтому модуль упругости в дальнейшем назовем модулем деформации. Из диаграммы $F(\varepsilon)$ можно определить фактический модуль деформации E_f или секущий модуль деформации E . Для определения модулей деформаций E_f и E воспользуемся усредненной зависимостью $F(\varepsilon)$, которая для каждой серии опытов выдается установкой «Statimat C» в автоматическом режиме.

Модули деформирования, как правило, пишутся для зависимостей продольных напряжений от относительной продольной деформации $\sigma(\varepsilon)$. Относительная деформация ε в этом выражении является безразмерной величиной в отличие от диаграмм, приведенных на рис.1, где она указывается в процентах ($\varepsilon = 10^{-2} \varepsilon \%$).

На рис.2 приведены зависимости секущего модуля деформации от самой деформации $E(\varepsilon)$, определённые из усреднённых зависимостей $F(\varepsilon)$. Как

видно из рис.2 изменение секущего модуля деформации (в дальнейшем модуль деформации) в зависимости от ε существенно нелинейное.

Характер изменения модуля деформации $E(\varepsilon)$ на рис.2 показывает, что в начале процесса деформирования пряжи, модуль деформации от начального значения E_N интенсивно падает до значения E_e , достигаемого при $\varepsilon = \varepsilon_e$. Далее наблюдается рост значения E до максимального E_m , при $\varepsilon = \varepsilon_m$, затем идёт спад значения модуля E до значения E_k при $\varepsilon = \varepsilon_k$. При достижении $\varepsilon = \varepsilon_k$ при $E = E_k$ происходит обрыв пряжи.

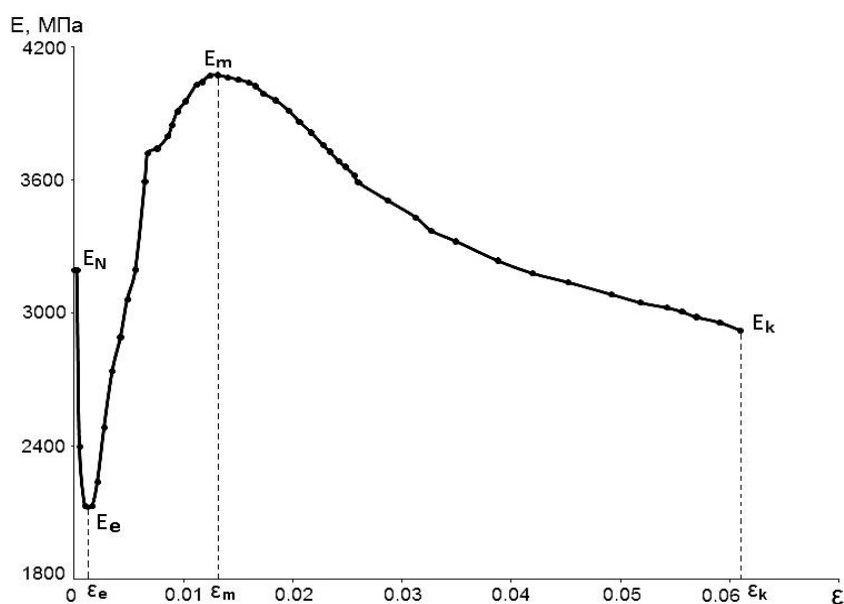


Рис.2. Изменение модуля деформации E в зависимости от продольной деформации ε для пряжи с линейной плотностью $T=50,0$ текс

В общей сложности, для пряжи из 45 бобин с девятью разными значениями номинальных линейных плотностей T , получено по 45 зависимостей $F(\varepsilon)$, аналогичных зависимостям приведенным на рис.1. Из усредненных 45 зависимостей $F(\varepsilon)$, получено 45 зависимостей $E(\varepsilon)$, которые также аналогичны кривым на рис.2.

Первичные результаты опытов (рис.1) статически обрабатываются программным обеспечением (ПО) собственной ЭВМ установки «Statimat C». Определяются ПО установки осредненная функция $F(\varepsilon)$ (математическое ожидание) для 45 испытаний, границы отклонения параметров F_{max} , A , P_{II} , t_k и ε_k от средних значений (в %), где F_{max} – максимальное значение растягивающей силы; A – выполненная работа при растяжении; P_{II} – прочность пряжи; t_k – время потраченное на растяжение пряжи до обрыва; ε_k – критическое значение деформации при обрыве пряжи. Также определяются коэффициент вариации C_v (в %) для 50-ти кратной повторяемости при растяжении пряжи до обрыва для пруж из одной катушки. Также определяются вероятность надежности диаграмм $F(\varepsilon)$ в %. По этим

результатам доверительная вероятность экспериментальных результатов $F(\varepsilon)$ равняется $Q = 95\%$.

С использованием результатов опытов первичной статистической обработки, проведенной ПО установки «Statimat C», произведена оценка вероятностной надежности результатов опытов на основе t -критерия Стьюдента. Полученные на основе первичных результатов опытов $F(\varepsilon)$ зависимости $E(\varepsilon)$, $E(T)$, $\varepsilon(T)$, $P_{II}(T)$ и $t_k(T)$ являются вторичными результатами, для которых, как известно методы статистической обработки не применяются.

Анализ полученных зависимостей $E(\varepsilon)$ показывает, что для них характерными параметрами являются значения модулей деформации E_N , E_e , E_m , E_s и E_k достигаемые соответственно при значениях относительных деформаций ε_N , ε_e , ε_m , ε_s и ε_k . Далее предложен метод численной аппроксимации кривых $E(\varepsilon)$, приведенных на рис.2. Суть метода заключается в том, что используя дискретные значения E и ε на кривой $E(\varepsilon)$ определяются все промежуточные величины этих параметров между двумя точками. Здесь воспользовались методом линейной интерполяции. Однако, в случаях, когда отрезок между двумя точками достаточно большой, например между экстремальными точками, линейная интерполяция дает не очень точные значения E и ε . Поэтому, для определения значения E_i между двумя дискретными точками a и b предлагаются следующие соотношения

$$E_i(\varepsilon) = E_a \exp(\beta_{ab} I_{S_i}), \quad \beta_{ab} = \ln(E_b/E_a), \quad I_{S_i} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \quad (1)$$

где i – номер точки, для которой определяется значение E на отрезке $[ab]$, параметры с индексом (a) относятся к начальной (первой) точке, а с индексом (b) к конечной (последней) точке отрезка, с индексом (ab) на всем отрезке; β_{ab} – безразмерный коэффициент интерполяции, значение которого получается из (1) при $I_{S_i} = 1$; I_{S_i} – параметр, характеризующий структурное изменение в пряже на рассматриваемом отрезке аппроксимации функции $E(\varepsilon)$.

На рис.3 приведены результаты аппроксимации нелинейной зависимости $E(\varepsilon)$, полученной на основе опытных данных. Условно ее назовем опытной кривой. Здесь кривая 1 – опытная кривая, соответствующая кривой 2 на рис.3. Кривая 3 получена при аппроксимации зависимости $E(\varepsilon)$ уравнениями (1) с использованием только экстремальных значений E и ε , т.е. 4 точек $E_N \varepsilon_N$; $E_e \varepsilon_e$; $E_m \varepsilon_m$ и $E_k \varepsilon_k$. В этом случае, расхождение аппроксимирующей и опытной кривых доходит до 10-20%. Аппроксимирующая кривая 2 получена с использованием 10 точек, включая экстремальные точки. При этом, на интервале $[0 \varepsilon_e]$ три точки, на интервале $[\varepsilon_e \varepsilon_m]$ три точки, и на интервале $[\varepsilon_m \varepsilon_k]$ четыре точки. Промежуточные точки в указанных интервалах взяты случайно.

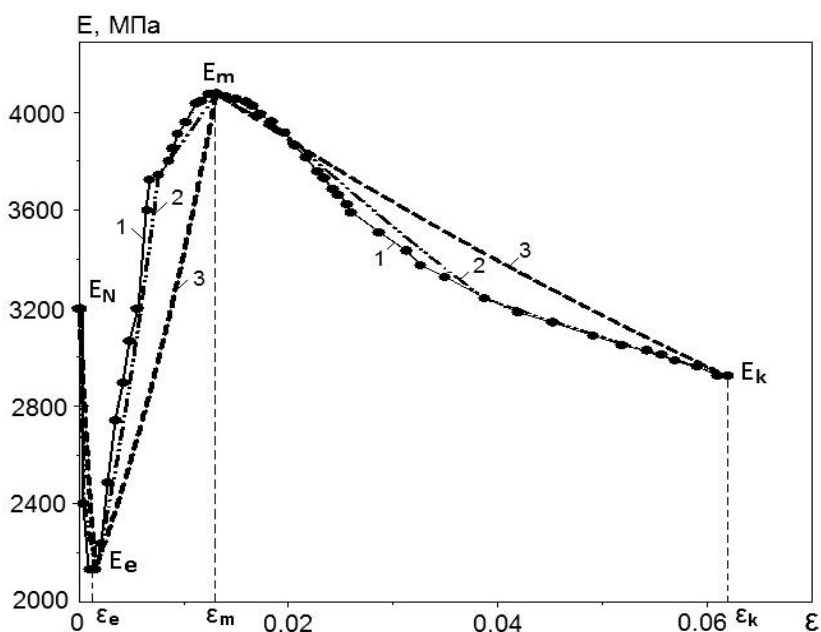


Рис.3. Изменение $E(\varepsilon)$ полученное из экспериментальной диаграммы $F(\varepsilon)$ и ее численная аппроксимация

Из рис.3 видно, что в этом случае, совпадение опытной и аппроксимирующей кривых составляет 95-97%. Когда при аппроксимации используем все 50 опытных точек (черные точки на кривой 1) получим кривую 1. В этом случае происходит 100%-ное совпадение опытной и аппроксимирующей кривых.

Как показано выше, уравнениями (1) можно аппроксимировать любые криволинейные опытные зависимости $E(\varepsilon)$, что позволит создавать физически нелинейные законы деформирования пряж при растяжении с переменными модулями деформирования, отражающие структурные изменения пряжи.

Из рис.3 видно, что значение E на участке $[\varepsilon_N \varepsilon_e]$ интенсивно уменьшается ($\varepsilon_N \approx 0$). Здесь при растяжении, происходит выпрямление и уплотнение волокон в пряже. Предполагаем, что деформация на этом участке является обратимой, и пряжа деформируется упруго. При $\varepsilon = \varepsilon_e$ волокна в пряже достаточно уплотняются по радиусу. На отрезке $[\varepsilon_e \varepsilon_m]$ при растяжении пряжи начинается смещение волокон относительно друг друга, растут силы межволоконного трения и следовательно силы сопротивления, уплотнение волокон по радиусу продолжается. При $\varepsilon = \varepsilon_m$ волокна в пряже уплотняются максимально, и модуль деформации достигает своего максимального значения E_m . На этом участке происходит упрочнение пряжи, следовательно модуль деформации растет, предполагаем, что часть относительных смещений волокон становятся необратимыми, и на этом участке пряжа деформируется упругопластически. Дальнейшее увеличение деформации на интервале $[\varepsilon_m \varepsilon_k]$ приводит к разрушению пряжи. Отдельные волокна рвутся, пряжа начинает терять свою прочность, модуль

деформации интенсивно уменьшается и при $\varepsilon = \varepsilon_k$ происходит обрыв пряжи. Перед обрывом, в процессе разрушения структуры, плотность по радиусу пряжи уменьшается, сила межволоконного трения падает. Увеличение деформации приводит к выскальзыванию волокон из пряжи, деформирование пряжи на участке $[\varepsilon_m, \varepsilon_k]$ происходит предположительно пластически.

В третьей главе диссертации «**Закономерности изменения параметров деформации пряжи и их теоретическое описание**» на основе опытных данных рассмотрены закономерности изменения параметров E_N, E_e, E_m, E_S, E_k и $\varepsilon_e, \varepsilon_m, \varepsilon_S, \varepsilon_k$ от линейной плотности пряжи T . Эти закономерности имеют существенное значение для оценки и прогноза прочности и для построения физически нелинейного закона деформирования пряжи.

На рис.4 приведены изменения начальных значений модуля деформации E_N в зависимости от фактической линейной плотности T , построенные на основе данных экспериментов. Кривая 1 (рис.4) соответствует изменению начального значения модуля деформации E_N относящегося к каждому значению фактической линейной плотности T , с которой проводились испытания. Как видно из рис.4, изменения фактических первоначальных значений E_N при разных фактических значениях T (кривая 1) имеют существенный разброс для заданных номинальных плотностей пряжи $T = 14,0; 15,4; 16,5; 18,5; 29,0; 50,0; 72,0; 100,0; 160,0$ текс.

Для каждой номинальной плотности пряжи было изготовлено несколько (от 1 до 16) бобин, поэтому каждому значению номинальной линейной плотности соответствуют несколько значений E_N (черные точки на кривой 1, рис.4), соответствующие количеству бобин.

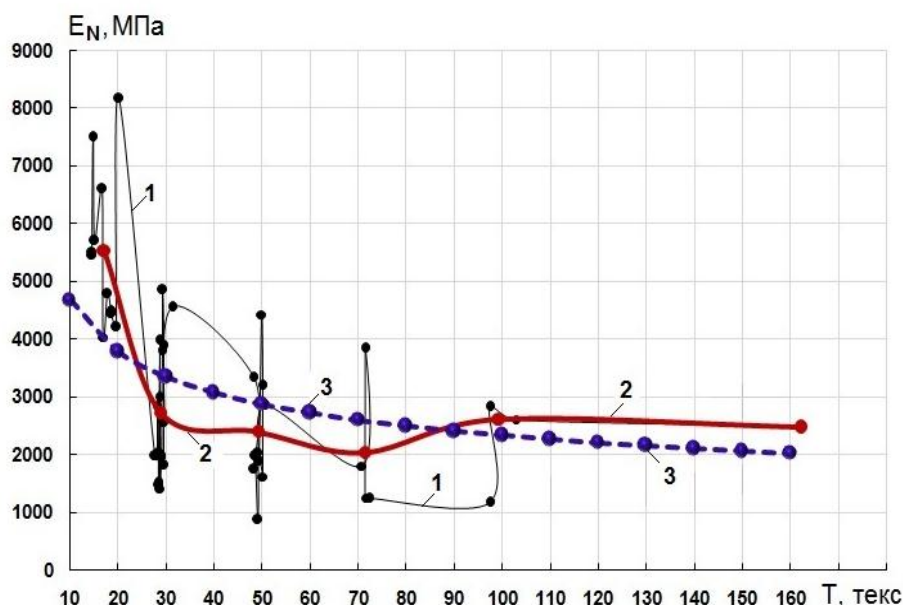


Рис.4. Зависимости начального значения модуля деформации E_N от линейной плотности пряжи

Общая тенденция изменения кривой 1, на рис.4 с увеличением T – убывающая. Однако, само стохастическое изменение функции $E_N(T)$, согласно кривой 1 (рис.4) какому-либо объяснению, и тем более аналитическому описанию не поддается, поэтому данная кривая была усреднена по номинальным значениям линейных плотностей пряжи.

Кривая 2 на рис.4 получена с использованием значений E_N по группам T , которая уже имеет некоторую объяснимую закономерность изменения с ростом линейной плотности пряжи. Для небольших значений T , начальное значение модуля деформации E_N самое большое, далее с увеличением T значение E_N убывает. При значениях $T = 100,0$ и $162,0$ текс наблюдается некоторое увеличение значения E_N . Теперь кривую 2 на рис.4 можно аппроксимировать аналитической функцией. Для этого воспользуемся методом наименьших квадратов. Выбираем убывающую степенную функцию для описания кривой 2 на рис.4, в виде

$$E_N(T) = E_{Nk} \left(\frac{T}{T_s} \right)^{\chi_1} \quad (2)$$

где E_{Nk} , T_s и χ_1 – коэффициенты функции (2), которые необходимо определить. Значение $T_s = 50,0$ текс, параметры формулы (2) – E_{Nk} и χ_1 определяем методом наименьших квадратов на ЭВМ, и они следующие: $E_{Nk} = 2872,944$ МПа и $\chi_1 = -0,302174$, здесь χ_1 – безразмерная величина. Кривая 3 на рис.4 построена с использованием формулы (2).

Изменение модуля деформации E_N с увеличением линейной плотности пряжи T , согласно кривой 3 (пунктирная кривая) на рис.4, происходит монотонно, без каких-либо скачков. Таким образом, с помощью определенных преобразований и усреднений кривой 1 (рис.4) полученных в результате обработки результатов опытов получили кривую 3, которая уже говорит об определенной закономерности изменения модуля деформации E_N при различных значениях линейной плотности пряжи T . С увеличением линейной плотности T значение модуля деформации E_N постепенно убывает. Используя аналитическую формулу (2) можно определить значение модуля деформации E_N , то есть, начальное значение модуля деформации пряжи перед началом деформирования, для любого значения линейной плотности пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения.

Аналогично получены изменения параметров функции модуля деформации $E(\varepsilon)$ – минимальный модуль E_e , максимальный модуль E_m , промежуточный модуль E_s и критический модуль E_k в зависимости от значения линейной плотности пряжи на основе обработки результатов экспериментов.

Полученные формулы, аналогично (2), позволяют расчетным путем определить значения E_N , E_e , E_m , E_s и E_k для любых значений линейной плотности пряжи T . Полученные значения модулей деформации

E_N , E_e , E_m , E_S и E_k , естественно, соответствуют определенному среднему значению этих модулей, для конкретной пряжи с конкретной линейной плотностью T .

Деформационными параметрами функции изменения модуля $E(\varepsilon)$, согласно результатам главы 2 диссертации, являются ε_N , ε_e , ε_m , ε_S и ε_k . Для определения расчетным путем значений модуля деформации пряжи при растяжении до обрыва для любых видов пряж с различными значениями линейных плотностей T , необходимо установить зависимости этих параметров от линейных плотностей. Для этого опять воспользуемся результатами экспериментов.

Начальное значение модуля деформации пряжи E_N , из графической зависимости $E(\varepsilon)$, полученной из результатов экспериментов, было определено при $\varepsilon_N = 0,00025$ т.е. очень близком к нулю значению. Поэтому, значение ε_N во всех случаях принимаем равным нулю, т.е. $\varepsilon_N = 0$.

На рис.5 приведены зависимости ε_e от значения линейной плотности пряжи. Здесь кривая 1 построена по фактическим значениям ε_e и T . Она показывает фактическое изменение параметра ε_e от фактических значений линейной плотности пряжи использованных в эксперименте.

Как видно из рис.5, изменение кривой 1 абсолютно хаотическое и не поддается никакому аналитическому описанию. Усреднив значения ε_e и T по группам номинальных линейных плотностей пряжи и далее с использованием средних значений ε_e и T построена кривая 2 (рис.5). По характеру кривой 2 можно утверждать, что с ростом линейной плотности пряжи значение ε_e имеет тенденцию к увеличению.

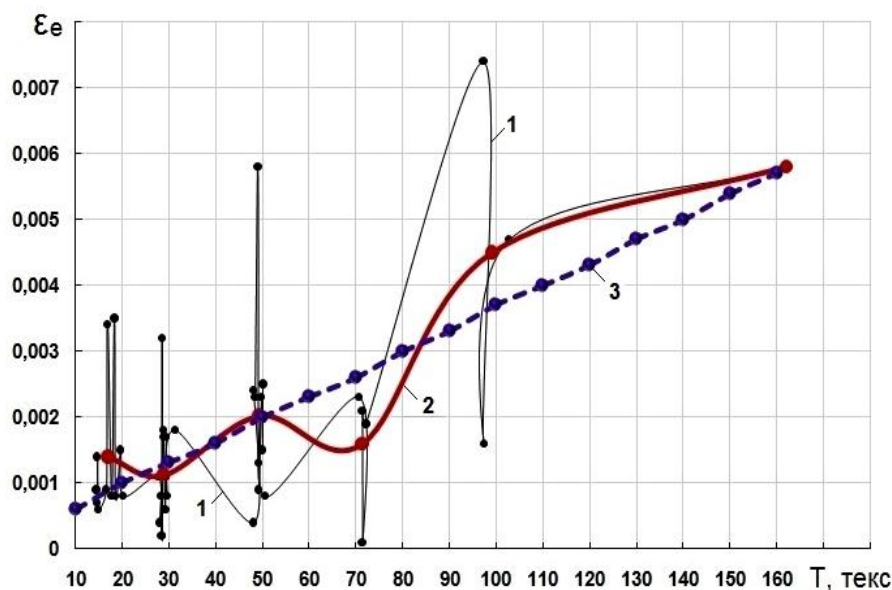


Рис.5. Изменения деформаций ε_e в зависимости от линейной плотности пряжи

Аналитически описать кривую 2 более сложной функцией возможно. Однако, для простоты аппроксимируем ее линейной функцией в виде

$$\varepsilon_e(T) = a_e + b_e T \quad (3)$$

где $a_e = 0,000321$; $b_e = 0,000034 \text{ текс}^{-1}$ – коэффициенты, которые определены методом наименьших квадратов на основе зависимости (3). Прямая 3 на рис.5 построена с использованием формулы (3), задавая значение T от 0 до 160 текс с шагом 10 текс. Как видно из рис.5, линия 3 фактически является усредненной прямой для кривой 2.

Таким образом, для параметров функции $E(\varepsilon)$ производится фактически трехкратное усреднение. Сначала усредняем зависимость $F(\varepsilon)$ (рис.1) и получаем усредненную зависимость $F(\varepsilon)$, далее кривая 1 усредняется и получается кривая 2 (рис.5). Далее усреднив кривую 2 получаем прямую 3, которая описывается уравнением (3).

Таблица 1

Формулы для определения значений параметров изменения модуля деформации в зависимости от линейных плотностей пряжи (значения $T_S = 50,0 \text{ текс}$ и $\varepsilon_N = 0$)

№ п/п	Предложенные формулы	Коэффициенты формулы и их значения	
1.	$E_N = E_{nk} (T/T_S)^{\chi_1}$	$E_{nk} = 2872,94 \text{ МПа}$	$\chi_1 = -0,302174$
2.	$E_e = E_{ek} (T/T_S)^{\chi_2}$	$E_{ek} = 1274,765 \text{ МПа}$	$\chi_2 = -0,544665$
3.	$E_m = E_{mk} (T/T_S)^{\chi_3}$	$E_{mk} = 2705,089 \text{ МПа}$	$\chi_3 = -0,202455$
4.	$E_S = E_{sk} (T/T_S)^{\chi_4}$	$E_{sk} = 2579,042 \text{ МПа}$	$\chi_4 = -0,141952$
5.	$E_k = E_{kk} (T/T_S)^{\chi_5}$	$E_{kk} = 2222,35 \text{ МПа}$	$\chi_5 = -0,365873$
6.	$\varepsilon_e = a_e + b_e T$	$a_e = 0,000321$	$b_e = 0,000034 \text{ текс}^{-1}$
7.	$\varepsilon_m = a_m + b_m T$	$a_m = 0,006054$	$b_m = 0,000125 \text{ текс}^{-1}$
8.	$\varepsilon_S = a_S + b_S T$	$a_S = 0,022211$	$b_S = 0,000235 \text{ текс}^{-1}$
9.	$\varepsilon_k = a_k + b_k T$	$a_k = 0,056204$	$b_k = 0,000453 \text{ текс}^{-1}$

Таким образом, конкретные значения параметров функции $E(\varepsilon)$ – E_N , E_e , E_m , E_S , E_k , ε_e , ε_m , ε_S и ε_k (значение $\varepsilon_N = 0$), для конкретных значений линейных плотностей пряжи T определяются из конкретных уравнений, приведенных в табл.1.

Используя формулы, приведенные в таблице 1 определяются значения параметров изменения модуля деформации для любых значений линейных плотностей при растяжении пряжи до обрыва.

В четвертой главе диссертации «Нелинейные законы деформирования пряжи с учетом изменений ее структуры при динамическом деформировании и их анализ» на основе анализа

существующих моделей вязкоупругих тел и на основе полученных результатов обработки экспериментов по растяжению пряжи до обрыва, считая, что механические характеристики являются не постоянными, а переменными, предложен физически нелинейный закон деформирования пряжи в виде

$$E_D^{-1}(\varepsilon) \frac{d\sigma}{dt} + E_S^{-1}(\varepsilon) \mu(\varepsilon) \sigma = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon) \varepsilon \quad (4)$$

где $E_S(\varepsilon)$ и $E_D(\varepsilon)$ – переменные модули статического (при $\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow 0$) и динамического (при $\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow \infty$) деформирования пряжи; $\mu(\varepsilon)$ – переменный параметр объемной вязкости. Функции $E_S(\varepsilon)$, $E_D(\varepsilon)$ и $\mu(\varepsilon)$ характеризуют структурные изменения пряжи при растяжении, то есть, при растяжении пряжи изменяется ее структура, и следовательно изменяются ее физико-механические свойства. Параметром изменения структуры пряжи, как уже было показано в главе 2, является величина самой деформации.

Экспериментальная проверка закона (4) осуществляется сопоставлением результатов расчетов, полученных по уравнению (4) с экспериментальными кривыми $\sigma(\varepsilon)$, полученными при растяжении пряжи до обрыва (глава 2).

Для проведения анализа и оценки предлагаемого закона нужны значения параметров этих функций. Криволинейную зависимость $E(\varepsilon)$ (кривая 1, рис.3), полученную на основе экспериментальной диаграммы $F(\varepsilon)$ принимаем за функцию $E_S(\varepsilon)$. Она получена при скорости растяжения пряжи $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0,015 \text{ с}^{-1}$ ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow 0$), близкой к статической функции $E_S(\varepsilon)$, далее используя соотношение $\gamma = \frac{E_D(\varepsilon)}{E_S(\varepsilon)} > 1$, определяем $E_D(\varepsilon)$. Для этого необходимо значение γ . Для пряжи, которая обладает существенными вязкими свойствами γ изменяется в пределах от 1,1 до 4. Точное значение γ должно быть определено из соответствующих экспериментов. Принимаем, что значение μ_N меняется в диапазоне от $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$ до $\mu_N = 1 \text{ с}^{-1}$. Используя оценочное значение параметров модели (4) можно проводить анализ самих уравнений предложенного закона деформирования пряжи.

В соответствии с экспериментом задаем изменение деформации по уравнению

$$\varepsilon = \varepsilon_k \sin \frac{\pi t}{2t_k} \quad (5)$$

где ε_k – критическое значение деформации, достигаемое при $t = t_k$, t – время, π – число Пифагора. Считаем, что при $\varepsilon = \varepsilon_k$, $\sigma = 0$.

Параметрами предложенной модели (4) и их значений являются результаты обработки опытов по растяжению пряжи с линейной плотностью $T = 50,03$ текс: $\varepsilon_N = 0,00025$; $\varepsilon_e = 0,00162$; $\varepsilon_m = 0,01317$; $\varepsilon_k = 0,06202$; $E_N = 3195,0$ МПа; $E_e = 2130,0$ МПа; $E_m = 4074,7$ МПа и $E_k = 2920,0$ МПа.

Текущее значение γ определяется по формуле

$$\gamma = \gamma_N + (\gamma_m - \gamma_N) \left(\frac{d\varepsilon}{\mu(\varepsilon)dt} \right)^\omega \quad (6)$$

где $\mu(\varepsilon)$ определяется из соотношения $\mu(\varepsilon) = \mu_N \exp(-\alpha \varepsilon / \varepsilon_k)$; безразмерный показатель степени $\omega = 0,1$; γ_N – начальное значение γ ; γ_m – максимально возможное значение γ для пряжи, $\alpha = \ln \gamma_m$; $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$; $\gamma_N = 1,1$ и $\gamma_m = 4$.

Уравнение (4) описывает процесс упруго-вязкопластического деформирования при растяжении пряжи до обрыва с учетом переменности модуля деформации, связанным со структурными изменениями пряжи. С использованием вышеприведенных данных и задавая значения деформации по уравнению (5) из закона (4), используя метод конечных разностей, определяем значения напряжения. Полученные значения σ и ε позволяют построить теоретические диаграммы $\sigma(\varepsilon)$.

Сопоставительные диаграммы $\sigma(\varepsilon)$ приведены на рис.6, где кривая 1 (черные кружочки) соответствует усредненной экспериментальной кривой $F(\varepsilon)$, кривая 2 получена при аппроксимации опытной зависимости $E(\varepsilon)$ соотношениями (1) используя только значения $\varepsilon_N, \varepsilon_e, \varepsilon_m, \varepsilon_k, E_N, E_e, E_m$ и E_k т.е. она получена с использованием кривой 3 на рис.3. В этом случае, расчетные опытные зависимости $\sigma(\varepsilon)$ вполне удовлетворительно совпадают.

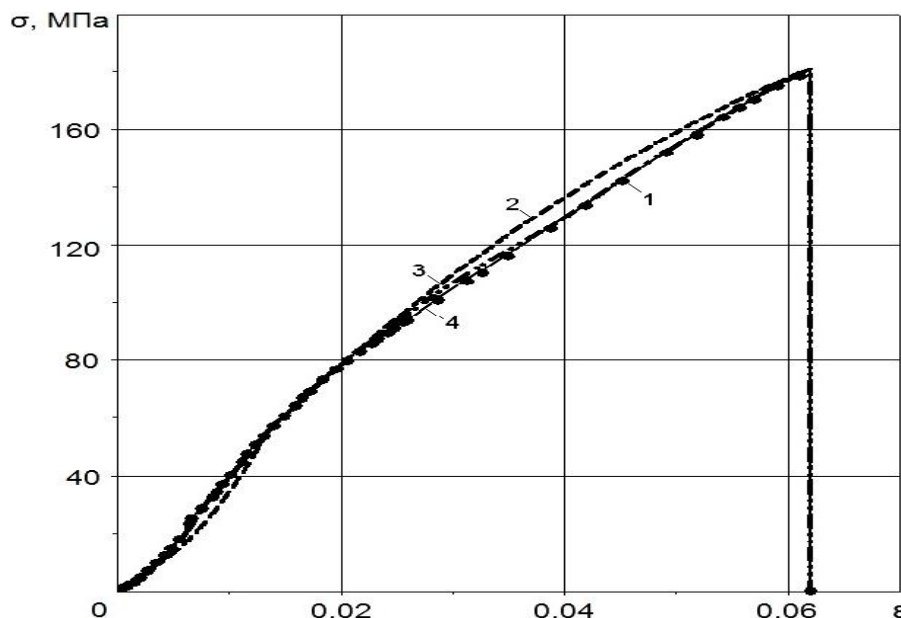


Рис.6. Экспериментальная диаграмма $\sigma(\varepsilon)$ и ее сопоставление с теоретическими диаграммами, полученными расчетным путем

Кривая 3 получена при использовании кривой 2 зависимости $E(\varepsilon)$ на рис.3. Аппроксимация опытной кривой в этом случае происходит с помощью десяти точек и совпадение опытной и расчетной кривых $\sigma(\varepsilon)$ составляет 98%. В случае, когда в расчетах используем опытные точки, кривая 1 (рис.3),

т.е. при аппроксимации $E(\varepsilon)$ используются 50 опытных точек, получаем 100%-ное совпадение опытной и расчетной зависимостей $\sigma(\varepsilon)$ (кривая 4, рис.6). В этих расчетах начальное значение параметра вязкости $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$.

На рис.6 после обрыва пряжи при $\varepsilon = \varepsilon_k$, напряжение мгновенно падает до нуля. Как видно из рис.6 нелинейный закон (4) с хорошей точностью описывает экспериментальную зависимость $\sigma(\varepsilon)$.

Далее параметрическим анализом нелинейной вязкоупругой модели деформирования пряжи (4) показано, что предлагаемая модель в целом соответствует результатам экспериментов приведенных в главе 2. Также показано, что нелинейный вязкоупругий закон деформирования пряжи (4) учитывает все основные свойства, наблюдаемые в экспериментальных исследованиях при статическом растяжении пряж, где скорость деформирования $d\varepsilon/dt = 0,015 \text{ с}^{-1}$.

Закон деформирования (4) описывает процесс растяжения пряжи до обрыва. В технологических процессах текстильного производства возможны случаи разгрузки пряжи. Предлагается феноменологический закон разгрузки исходя из общих принципов теории пластичности. Разгрузку пряжи на любом этапе нагружения предлагается описать уравнением

$$\frac{d\sigma}{E_R(\varepsilon)dt} = \frac{d\varepsilon}{dt} \quad \text{при} \quad \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \quad (6)$$

где $E_R(\varepsilon)$ – переменный модуль разгрузки, учитывающий пластические свойства деформирования пряжи.

Для определения значения модуля разгрузки при растяжении пряжи феноменологически предлагаются следующие соотношения

$$E_R(\varepsilon) = E_T \quad \text{при} \quad 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad (7)$$

$$E_R(\varepsilon) = E_T \exp[\varphi(I_S - 1)] \quad \text{при} \quad \varepsilon_e < \varepsilon < \varepsilon_m \quad (8)$$

$$E_R = E_T \exp\left[\varphi\left(\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_e} - 1\right)\right] \quad \text{при} \quad \varepsilon \geq \varepsilon_m \quad (9)$$

где E_T – текущее значение модуля деформации в момент разгрузки, определяемое из уравнения (1); $\varphi = \frac{\varepsilon_e \ln(K_R)}{\varepsilon_m}$ – безразмерный коэффициент, характеризующий наклон кривой разгрузки к оси деформации на диаграмме $\sigma(\varepsilon)$; $K_R = \frac{E_R}{E_T}$ – безразмерный коэффициент, характеризующий максимально возможное значение модуля разгрузки; $I_S = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_e}$ – параметр, характеризующий зависимость пластических свойств пряжи при растяжении от изменения ее структуры.

Согласно уравнениям (7)-(9) процесс деформирования пряжи в диапазоне деформаций $[0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e]$ является линейным и полностью обратимым, в диапазоне $[\varepsilon_e < \varepsilon \leq \varepsilon_m]$ нелинейным и частично обратимым.

Когда $\varepsilon = \varepsilon_e$, $I_S = 1$ и $E_R(\varepsilon) = E_T$, а при $\varepsilon = \varepsilon_m$, $I_S = I_{S_{\max}} = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_e} > 1$, $E_R(\varepsilon)$ достигает максимального значения и далее в диапазоне $[\varepsilon_m < \varepsilon \leq \varepsilon_k]$ остается постоянным согласно уравнению (9).

Уравнения (4) и (6) совместно с определяющими соотношениями (7)-(9) являются физически нелинейным упруго-вязкопластическим законом деформирования пряжи с учетом разгрузки.

Вышеприведенные результаты показывают, что нелинейный закон деформирования (4), разработанный на основе модели стандартно-линейного тела, адекватно описывает процесс растяжения пряжи до обрыва. Проявление нелинейных свойств деформирования происходит из-за изменения модуля деформации при растяжении пряжи.

Задавая изменения деформаций, определенных другими авторами из анализа технологических процессов текстильного производства по следующим уравнениям

$$\varepsilon = a_\varepsilon t, \quad a_\varepsilon = n \varepsilon_k / t_k, \quad \varepsilon = \varepsilon_k \sin(\pi t n / (2 t_k)), \quad \varepsilon(t) = \text{abs} \left(\varepsilon_a \sin \frac{\pi t}{2 t_k} \right),$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin(\pi n (t - t_R) / 2 t_k), \quad \varepsilon = \left| \varepsilon_{\max} \sin(\pi n (t - t_R) / (2 t_k)) \right| \quad (10)$$

проведен параметрический анализ предложенного физически нелинейного закона деформирования пряжи (4), (6).

Упруго-вязкопластический процесс деформирования пряжи при нерегулярных динамических нагрузках (10), также зависит от линейной плотности пряжи T .

На рис.7 приведены полуциклы «нагружение-разгрузка» при значениях $T = 10, 20, 30, 50, 70$ и 100 текс (кривые 1-6 соответственно), полученные при действии нагрузки определяемой последним уравнением (10).

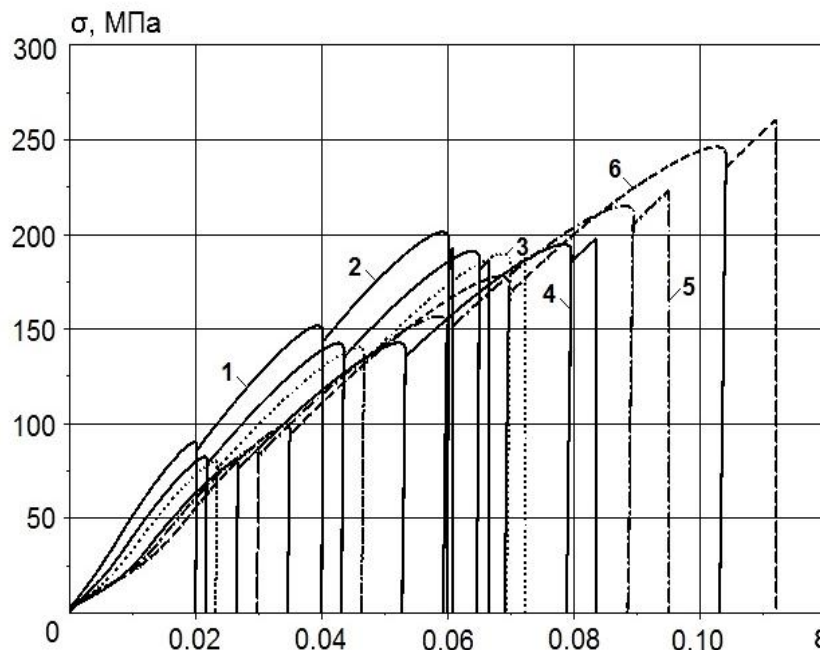


Рис.7. Упруго-вязкопластическая модель деформирования в зависимости от линейной плотности пряжи

В этом варианте исходные значения параметров следующие: $\gamma_N = 1,1$; $\gamma_m = 2$ и $\mu_N = 1 \text{ с}^{-1}$; $K_R = 100$; $n = 5$; $\varepsilon_{\max} = 0,97 \varepsilon_m$. В вариантах расчётов на ЭВМ изменялись только линейные плотности пряжи T .

Как видно из рис.7, с увеличением линейной плотности пряжи значение критической деформации растёт, следовательно, увеличивается критическое напряжение, при котором обрывается пряжа. Зависимость $\sigma(\varepsilon)$ является нелинейной, а процесс деформирования пряжи необратимым.

Таким образом, разработанный на основе результатов опытов по растяжению пряжи упруго-вязкопластический закон полностью описывает процесс деформирования пряжи при различных нагружениях, включая полуциклично-нерегулярные нагрузки, возникающие в технологических процессах текстильного производства. Предложенный закон учитывает упругие, вязкие и пластические свойства пряжи с различными линейными плотностями.

В пятой главе диссертации «**Деформационный метод определения, оценки и прогноза динамической прочности хлопчатобумажной пряжи при растяжении**» на основе предложенного физически нелинейного закона разработан деформационный метод для теоретического определения прочности пряжи.

Наиболее известным и применяемым в расчетах прочности пряжи является метод А.Н.Соловьева. Расчетная формула А.Н.Соловьева является теоретико-эмпирической формулой и имеет следующий вид:

$$P_p = p \frac{N_B}{N} \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{N_B}{N}}} \right) \left(1 - \frac{5}{L_{ш}} \right) x_k \eta \quad (11)$$

где P_p – разрывная нагрузка пряжи, в граммах силы, г; p – средняя разрывная нагрузка волокна хлопка, в граммах силы, г; N_B – номер хлопка (волокна) в м/г, который является обратной величиной линейной плотности, т.е. $N_B = 1/T_B$, где T_B – линейная плотность хлопкового волокна, текс; N – номер пряжи, м/г или $N = 1/T_n$, T_n – линейная плотность пряжи, текс; H_0 – показатель качества технологического процесса, безразмерный коэффициент; $L_{ш}$ – штапельная длина хлопкового волокна, мм; x_k – поправка к формуле (11) на крутку пряжи, безразмерная величина, определяемая в зависимости от коэффициентов круток $\alpha - \alpha_k$ по специально составленной таблице; η – поправка на состояние текстильного оборудования, безразмерный коэффициент, меняющийся от 1,0 до 1,1 в зависимости от состояния оборудования.

В диссертации формула для определения и прогноза прочности пряжи получена непосредственно из закона (4) в виде

$$\sigma_k = E_{sk} \left(\frac{d\varepsilon}{dt} + \mu_k \varepsilon_k \right) \frac{1 - e^{-\mu_k \gamma_k t_k}}{\mu_k} \quad (12)$$

где σ_k – критическое напряжение (прочность), при которой обрывается пряжа; E_{sk} – статический модуль деформации пряжи в момент обрыва при $t = t_k$; μ_k – параметр вязкости пряжи в момент обрыва; $\gamma_k = E_{dk}/E_{sk}$, E_{dk} – динамический модуль деформации пряжи в момент обрыва.

Уравнение (12) содержит 7 параметров: E_{sk} , ε_k , t_k , $\frac{d\varepsilon}{dt}$, μ_k , γ_k и E_{dk} .

Скорость деформирования $\frac{d\varepsilon}{dt}$ считается известной в момент обрыва пряжи. В эксперименте значение $\frac{d\varepsilon}{dt}$ задается. Параметр объемной вязкости пряжи μ_k в момент обрыва определяется по формуле $\mu_k = \mu_N/\gamma_m$.

Здесь необходимо отметить, что уравнение (12) получено для одной точки в диаграмме $\sigma(\varepsilon)$, а также в зависимостях $\sigma(t)$ и $\varepsilon(t)$, т.е. уравнение (12) имеет силу при $\sigma = \sigma_k$, $\varepsilon = \varepsilon_k$, $t = t_k$. Соответственно параметры E_{sk} , μ_k , γ_k также относятся к точке при $t = t_k$.

В этом случае, прочность пряжи определяется в момент обрыва пряжи при $\varepsilon = \varepsilon_k$, поэтому уравнение (12) является приближенным. С учетом изменения деформации и напряжения в процессе растяжения пряжи до обрыва, прочность пряжи определяется непосредственно из закона (4), методом численного решения данного уравнения. Результаты расчетов, приведенные в пятой главе, показывают, что значения прочности пряж определенные по уравнениям (12) и (4) при скорости деформирования $d\varepsilon/dt \leq 1 \text{ с}^{-1}$ практически совпадают. При скорости $d\varepsilon/dt > 1 \text{ с}^{-1}$ значения прочности расходятся. С увеличением скорости деформирования значение удельной прочности пряжи по формуле (12) в 2–3 раза больше, чем по уравнению (4). Это означает, что при больших скоростях деформирования формула (12) дает неточные результаты.

Скорость деформирования $d\varepsilon/dt = 1 \text{ с}^{-1}$ соответствует скорости движения пряжи $v_p = 0,5 \text{ м/с}$. В проведенных экспериментах по растяжению нити на установке «Statimat C», скорость движения пряжи $v_p \approx 0,01 \text{ м/с}$.

В технологических процессах ткачества скорость нитей достигает до 35–40 м/с, при этом, скорость деформирования достигает значения $d\varepsilon/dt = 70\text{--}80 \text{ с}^{-1}$. В этих случаях, при определении удельной прочности пряжи необходимо использовать уравнения (4).

В отличие от других методов в деформационном методе расчет прочности осуществляется на основе физических и механических свойств пряжи. Эти свойства пряжи являются интегральными. Они получаются из экспериментов по испытанию пряжи на разрыв, и образуются на основе проявления всех свойств волокон в пряже при ее деформировании. Следовательно, все геометрические, физические и механические свойства пряжи, как, безусловно, и волокна, учитываются через диаграмму растяжения пряжи в качестве экспериментального результата, где отражаются все

свойства и волокна и самой пряжи. На наш взгляд, этот метод, является наиболее удобным и объективным при прогнозе прочности пряжи. Этим утверждением не отрицается значение других методов. Скорее всего, все эти методы дополняют друг-друга, и вместе обогащают такую сложную науку, как механика текстильной нити.

Разработка методов определения, оценки и прогноза прочности пряжи в настоящее время осуществлялась, в основном, в двух направлениях.

Первое направление – это эмпирическое или теоретико-эмпирическое направление. Здесь на основе разрабатываемых методов получены результаты опытов и теоретические формулы. В этом направлении главным является прочность волокна. Далее, исходя из прочности волокна, определяется прочность пряжи.

Недостатками методов данного направления являются в определенной степени научная необоснованность предложенных эмпирических формул и их физическая некорректность. Кроме того, они не учитывают в полной мере механических характеристик как волокна, так и пряжи, не учитывают динамический характер приложенных к пряже нагрузок, т.е. скорости деформирования. Эти обстоятельства требуют от исследователей поиска также и других путей определения прочности пряжи.

Второе направление – это разработка методов определения, оценки и прогноза прочности пряж методами механики деформируемого твердого тела. Первое направление теоретико-эмпирических методов прогноза прочности пряжи, таким образом, основывается на прочности волокна в пряже, показателях технологического процесса и текстильного оборудования. Второе направление, основывается на принципах механики деформируемого твердого тела.

Недостатком второго направления является то, что при разработке методов определения прочности пряжи материалпряжи, в основном, считается упругим. Учет неупругих свойств и скорости деформирования пряжи при растяжении существенно осложняет решение задач во втором направлении. Однако, все увеличивающаяся интенсивность текстильного производства и движения текстильных нитей и пряж в технологических процессах текстильного производства требует учета и рассмотрения влияния скорости деформирования на прочность пряжи.

Таким образом, расчетным путем удельная прочность пряжи определяется:

- по методу А.Н.Соловьева (формула (11)):

$$P_{II} = \frac{P_B}{T_B} \left\{ 1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{T_{II}}{T_B}}} \right\} \left(1 - \frac{5}{L_{III}} \right) \chi_k \eta, \text{ сН/текс}$$

- по деформационному методу (формула (12)):

$$P_k = \frac{E_{sk}}{15} \left(\frac{d\varepsilon}{dt} + \mu_k \varepsilon_k \right) \frac{1 - \exp(-\mu_k \gamma_k t_k)}{\mu_k}, \text{ сН/текс}$$

- по самому нелинейному закону (4):

$$\frac{d\sigma}{E_D(\varepsilon)dt} + \mu(\varepsilon) \frac{\sigma}{E_S(\varepsilon)} = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon)\varepsilon \quad \text{при} \quad \frac{d\varepsilon}{dt} > 0, \quad 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_k$$

- по наследственной модели:

$$P_H = \frac{1}{15} \left(E_{Dk} \varepsilon_k - E_{Sk} \int_0^t R(t-\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right), \text{ сН/текс}$$

- по результатам экспериментов по растяжению пряжи до обрыва и на основе значений F_k и T фактическая прочность определяется по формуле

$$P_\phi = F_k / T_\phi \quad (13)$$

- на основе усредненных значений P_ϕ по группам линейных плотностей или по формуле:

$$P_0 = \frac{F_k}{T} = b_k + \frac{a_k}{T} \quad (14)$$

Результаты расчетов приведены на рис.8. Здесь пунктирная кривая 1 относится к изменениям прочности пряжи, определенной из результатов экспериментов по формуле (13).

Кривая 1 показывает изменения фактической прочности пряжи в зависимости от фактической линейной плотности пряжи. Как видно из рис.8 (кривая 1), при меньших значениях линейной плотности пряжи при $T = 14,0$ текс, прочность самая большая, и с увеличением линейной плотности, значение прочности уменьшается. Далее значение прочности колеблется вокруг $P_\phi = 11$ сН/текс.

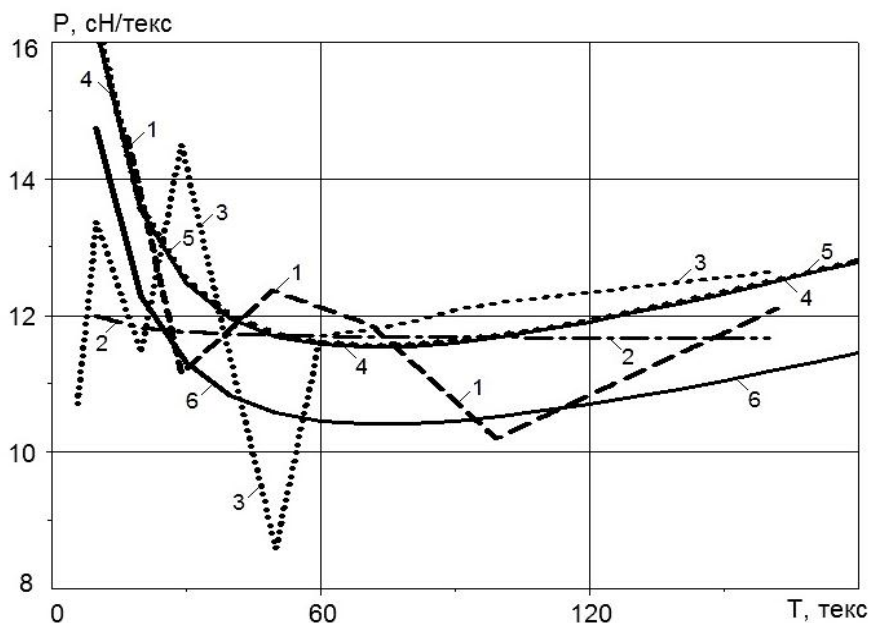


Рис.8. Сопоставление различных результатов расчетов прочности пряжи с экспериментом:

1— эксперимент; 2—усредненный эксперимент; 3—метод А.Н.Соловьева; 4—деформационный метод; 5—по нелинейной модели; 6—по наследственной модели

Штриховая кривая 2 (рис.8) относится к изменению прочности по усредненным группам линейных плотностей или по формуле (14). Здесь значение прочности медленно и монотонно уменьшается с увеличением линейной плотности. Эти две кривые, т.е. кривые 1 и 2 получены из результатов экспериментов по растяжению пряжи до обрыва. Их условно назовем – экспериментальными кривыми, причем кривая 1 – это фактическое изменение прочности, а кривая 2 – усредненное изменение прочности пряжи.

Пунктирная кривая 3 получена методом А.Н.Соловьева. При расчетах прочности пряжи штапельная длина $L_{шт}$, линейная плотность T_B , удельная разрывная нагрузка хлопкового волокна P_B приняты согласно РСТ Уз 604-93 (ГОСТ 3279-95). Они следующие: $L_{шт} = 27-41$ мм; $T_B = 0,125-0,2$ текс; $P_B = 30,9-31,8$ сН/текс; $\varepsilon_k = 9,2-8,4$ %. Далее, по формуле А.Н.Соловьева определяли удельную прочность пряжи. Как видно из рис.8, кривая 3, полученная расчетным путем по методу А.Н.Соловьева с фактической экспериментальной кривой 1 не совпадает. Однако, с усредненной экспериментальной кривой 2 идет совпадение, т.е. кривая 3 колеблется вокруг кривой 2.

Кривая 4 получена по формуле деформационного метода. Совпадение кривой 4 с фактической экспериментальной кривой 1 и усредненной экспериментальной кривой 2 лучше, чем с кривой 3, полученной по методу А.Н.Соловьева. Для небольших линейных плотностей пряжи совпадение кривой 1 и кривой 4 100%-ное. Далее кривая 4 на 90-95% наиболее близко совпадает с кривой 2. Кривая 4 также как и кривая 2 изменяется плавно и монотонно. Все это показывает преимущество предложенного деформационного метода расчета прочности пряжи.

Кривая 5 получена численным решением уравнения (4) по методике, изложенной в главе 4. Когда изменения деформации растяжения пряжи происходят как в эксперименте, кривые 4 и 5 полностью на 100% совпадают. В этих случаях, скорость деформирования пряжи ($d\varepsilon/dt = 0,015$ с⁻¹) для этих кривых одинаковая. С увеличением скорости деформирования кривые 4 и 5 начинают расходиться.

Кривая 6 получена по наследственной модели, с использованием метода Симпсона при вычислении интеграла. При малых значениях линейной плотности пряжи, кривая 6 близко совпадает с экспериментальной кривой 1. Далее она существенно отходит от экспериментальных кривых 1 и 2. Однако, кривая 6 проходит почти параллельно кривым 4 и 5.

Деформационный метод, из всех рассмотренных расчетных методов, единственный, где учитывается скорость деформирования пряжи, т.е. скорость приложения нагрузки при растяжении пряжи.

Таким образом, сопоставление результатов расчетов прочности пряжи с использованием различных методов и результатов экспериментов показывает, что наиболее совпадающими близко к эксперименту являются результаты деформационного метода предложенного в настоящей диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации (DSc) на тему **«Развитие теории прочности текстильных нитей с учетом динамических нагрузок, возникающих в технологических процессах текстильного производства»** представлены следующие выводы:

1. На основе серийных экспериментов по растяжению пряж с различными линейными плотностями до обрыва разработан метод определения изменения ее механических характеристик, в том числе, изменения модуля деформации пряжи в процессе ее растяжения до обрыва, как причина проявления нелинейности диаграмм «растягивающая сила-деформация». Разработанный метод дает возможность определения изменения механических характеристик, в том числе модуля деформации пряжи при ее растяжении, как причина нелинейного деформирования пряжи.

2. На основе анализа экспериментальных зависимостей растягивающей силы от деформации разработан метод определения зависимости изменения модуля деформации пряжи от деформации растяжения и численно-аналитический метод ее точной аппроксимации. Разработанные методы позволяют определить изменение модуля деформации пряжи в зависимости от деформации растяжения и численно-аналитической аппроксимации этих зависимостей.

3. Разработан метод определения закономерностей изменения модулей деформации пряжи различной линейной плотности в зависимости от деформации растяжения. Разработанный метод позволяет определить закономерности изменения модулей деформации в зависимости от линейной плотности пряжи.

4. Усовершенствована нелинейная теория прочности пряж на основе физически нелинейного уравнения деформирования пряжи при растяжении, разработанная с использованием закономерностей изменения модулей деформации пряжи. Усовершенствованные закономерности деформирования пряж дают возможность разработки физически нелинейных уравнений растяжения пряж и на основе этих уравнений разработки усовершенствованной нелинейной теории прочности текстильных нитей.

5. Сопоставлением численных результатов расчетов прочности пряж при растяжении до обрыва полученных на основе физически нелинейной теории прочности с результатами экспериментов показано их хорошее соответствие. Данные результатов сопоставлений дают возможность показать, что нелинейная теория позволяет получить более точные результаты по определению, оценке и прогнозу прочности пряж по сравнению с другими методами.

6. Разработан метод определения влияния на прочность пряж ее упругих и пластических свойства, а также скорости деформирования на основе решения задач по определению прочности пряж при динамических нагрузках, возникающих в технологических процессах текстильного производства с помощью нелинейной теории. Разработанный метод дает

возможность определения влияния на прочность пряжи механических характеристик и скорости деформирования при растяжении.

7. Проведена сопоставительная оценка результатов расчетов прочности пряжи по усовершенствованной нелинейной теории, по деформационному методу, по теории наследственной механики, по методу А.Н.Соловьева с результатами экспериментов. Результаты сопоставлений дают возможность определения преимущества разработанного деформационного метода на основе усовершенствованной нелинейной теории прочности текстильных нитей.

8. На основе анализа результатов сопоставлений показано соответствие разработанного деформационного метода определения, оценки и прогноза прочности пряжи к результатам экспериментов, а также показано, что деформационный метод в настоящее время является единственным методом, учитывающим скорость деформирования при динамическом растяжении пряжи. Проведенный анализ позволяет обосновать преимущество разработанного деформационного метода и усовершенствованной нелинейной теории прочности пряжи.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02.2018.T/FM.61.01
AWARDING THE SCIENTIFIC DEGREES AT THE INSTITUTE OF
MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF STRUCTURES AND
TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

**INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF
STRUCTURES**

ISMOILOVA SABIDA ISROILOVNA

**DEVELOPMENT OF THE THEORY OF TEXTILE YARN STRENGTH
WITH ACCOUNT OF DYNAMIC LOADS OCCURRING IN
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF TEXTILE PRODUCTION**

**01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Bodies
05.06.01 – Material Science in Textile and Light Industry Production**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION (DSc)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2019

The theme of the doctoral dissertation (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, number B2017.1.DSc/T46.

The doctoral dissertation has been prepared in the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on web-page of Scientific Council at the address (www.tiame.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:	Sultanov Karim Sultanovich Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Official opponents:	Alimova Khalimakhon Alimovna Doctor of Technical Sciences, Professor
	Mardonov Botir Mardonovich Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
	Abdusattarov Abdusamat Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	JSC «Pakhtasanoat Ilmi Markazi»

The defense will take place on « 24 th » april 2019 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of the One-time Scientific Council based on the Scientific Council DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of AS RUz and Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers. (Address: 100000, Tashkent, Kary Niyaziy street, 39. Conference Hall №4. Tel.: (+99871) 237-46-68, fax: 237-38-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures AS RUz (registration number _____). Address: 100000, Tashkent, Kary Niyaziy street, 39. Tel.: (+99871) 237-19-45.

Abstract of dissertation sent out on « 4 » of April 2019 year.
(mailing report № 1 on « 4 » of April 2019 year)

M.M.Mirsaidov
Chairman of Scientific of the One-time Council
for awarding degrees, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Academician

Sh.O.Khudaynazarov
Scientific secretary of Scientific of the
One-time Council for awarding degrees,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

R.A.Abirov
Chairman of Scientific Seminar at the Scientific
of the One-time Council for awarding degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences

INTRODUCTION (abstract of DSc. thesis)

The aim of research is to improve the theory of textile yarn strength taking into account dynamic loads arising in the technological processes of textile production and the development of the methods to determine, evaluate and predict the strength of the yarns.

The tasks of research:

to analyze the obtained experimental stress-strain diagrams for cotton yarns and to determine the causes of their non-linear properties manifestation;

to develop the methods for determining the parameters of structural changes in yarns under dynamic tension based on the results of experiments;

to determine, based on the results of experiments, the regularities of nonlinear strain in yarns under dynamic loads and, as a result, to improve the theory of the cotton yarn strength;

to conduct a parametric analysis of the improved theory of the cotton yarn strength and to develop the methods for determining its key parameters;

to develop the method for determining the stress-strain state of yarns under dynamic loads arising in the technological processes of textile production based on the improved theory of the cotton yarn strength;

to develop the method for determining, evaluating and predicting the strength of yarns under dynamic loads based on the conducted research to use in the design of textile products and textile materials.

The objects of research are the cotton yarns of different linear densities, produced in the textile industry by pneumo-mechanical spinning method.

Scientific novelty of the dissertation research is as follows:

the methods have been developed to determine the regularities of the yarn strength components, taking into account mechanical characteristics of cotton yarns based on the results of yarn tension to breakage at various values of its linear density;

a physical-nonlinear elastic-viscoplastic mathematical model based on the model of Eyring has been improved;

a non-linear pattern of cotton yarn strain has been developed taking into account the variability of mechanical characteristics under tension;

a method for determining the strength of cotton yarn under dynamic forces arising in the technological processes of textile production has been developed based on a nonlinear strain model of textile yarns;

a strain method has been developed for determining the strength of cotton yarn under tension, taking into account the strain rate, variable mechanical characteristics, internal friction and linear density of the yarn;

the model of cotton yarn strain has been improved, taking into account semi-cyclic and other dynamic loads arising in textile production processes.

Implementation of research results. Bases on the results obtained for the development of the theory of the textile yarn strength, taking into account dynamic loads arising in the technological processes of textile production, the following scientific results have been obtained:

an improved method to determine the strength, taking into account mechanical characteristics of cotton yarns and a strain method to determine the strength, taking into account the tensile strain rate, have been introduced at the enterprises of LLC “TEKHNO TEK”¹, PE “SHAMS” under the Association Uztekstilprom (Certificate of the Association Uztekstilprom No. DM-12-5896 of November 6, 2018). As a result of the application of the proposed methods in determining, evaluating and predicting the strength of cotton yarns with linear densities of $T = 15,4-160,0$ tex, the possibility of 2 times reduction of calculation time has been created due to the high accuracy and efficiency of these methods and 25% increase in efficiency of calculation-design procedure;

the developed method to assess the strength of cotton yarns and the method to determine the strength under dynamic loads arising in technological processes of textile production have been introduced at the LLC “SHOVOT TEXTIL” under the Association "Uztekstilprom" (Certificate of the Association "Uztekstilprom" No. DM-12-5896 of November 06, 2018). As a result of the use of the methods to estimate the CV_m (mass unevenness) of cotton yarn of a linear density of $T=20$ tex, the accuracy of CV_m estimation has been improved, and, as a result, the opportunity to increase the economic effect by 20% has been created.

the developed strain method to determine the strength of cotton yarn under tension, taking into account the strain rate, mechanical characteristics, internal friction and linear density, has been introduced at the LLC “Iroda Gazmol Biznes” under the Association “Uztekstilprom” (Certificate of the Association “Uztekstilprom” No. DM-12-5896 of November 06, 2018). As a result of using a new method for calculating the strength of cotton yarn, in the production of fabric of warp threads linear density of $T = 29.4$ tex and weft yarns linear density of $T = 20$ tex, it became possible to reduce the breakage of warp threads by 23%, and weft yarns - by 45 % and to increase the fabric quality by 22%;

an improved method to determine the strength of cotton yarn under dynamic loads arising in textile production processes has been introduced at LLC “Jamstyle” under the Association “Uztekstilprom” (Certificate of the Association “Uztekstilprom” No. DM-12-5896 of November 06, 2018). As a result of using the new method of calculating, the strength of cotton yarns in the manufacture of fabrics with surface density of 105g/m^2 of cotton yarns with a linear densities of $T= 60$ and 75 tex on the MBJ6 weaving machine, it became possible to reduce the yarn breakage by 26%.

Publication of research results. On the theme of thesis there were published 43 scientific works, 1 monograph, 20 scientific articles, 14 of them – in republican and 6 – in foreign journals recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of the dissertation of the Doctor of Sciences (DSc).

The structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 190 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Султанов К.С., Исмоилова С.И. Структурная прочность текстильных нитей. Монография. Ташкент: Издательство «Фан», 2017. 256 с.
2. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Деформационный метод определения и оценки прочности хлопковой пряжи//Проблемы текстиля. 2017, №4. С.79-86. (05.00.00; №17).
3. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Фундаментальные основы прогноза, оценки прочности текстильных нитей и пряж при растяжении. Часть I//Проблемы текстиля. 2016, №3. С.72-80. (05.00.00; №17).
4. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Фундаментальные основы прогноза, оценки прочности текстильных нитей и пряж при растяжении. Часть II//Проблемы текстиля. 2016, №4. С.95-103. (05.00.00; №17).
5. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Волны в деформируемых гибких нитях с внешним трением//Доклады Академии наук РУз. 2012, №1. С.41-44. (05.00.00; №9).
6. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Экспериментальные закономерности натяжения нитей при их квазистатическом растяжении// Проблемы текстиля. 2013, №1. С.75-81. (05.00.00; №17).
7. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Нелинейно-упругий закон деформирования хлопковой нити при растяжении//Доклады Академии наук РУз. 2013, №4. С.30-33. (05.00.00; №9).
8. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Экспериментальные исследования деформирования хлопковой пряжи при растяжении// Проблемы механики. 2013, №3-4. С.55-60. (05.00.00; №6).
9. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Параметрический анализ нелинейно-упругой модели деформирования хлопковой нити при растяжении //Доклады Академии наук РУз. 2013, №6. С.30-33. (05.00.00; №9).
10. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Упруго-вязкопластический закон деформирования хлопковой пряжи//Доклады Академии наук РУз. 2014, №3. С.40-44. (05.00.00; №9).
11. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Композитные нити и закономерности их деформирования с учётом вязких и пластических свойств при растяжении//Проблемы механики. 2014, №3-4. С.32-37. (05.00.00; №6).
12. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Эмпирические формулы для определения механических характеристик хлопковой пряжи при растяжении //Проблемы текстиля. 2014, №3. С.69-76. (05.00.00; №17).
13. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Нелинейный упруго-вязкопластический закон деформирования хлопковой пряжи при нерегулярных динамических нагружениях//Проблемы текстиля. 2014, №4. С.58-69. (05.00.00; №17).

14. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Вязкоупругий закон деформирования хлопковой нити//Доклады Академии наук РУз. 2014, №6. С.29-33. (05.00.00; №9).

15. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Определение прочности хлопковой пряжи на основе нелинейной упруговязкопластической модели деформирования//Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. Иваново. 2018, №3 (375). С.95-101. (№3. Scopus. IF=0.03)

16. Sultanov K.S., Ismoilova S.I., Mamatova N.R. Regularities in Variation of Support Functions of Physically Nonlinear Elastic-Visco-Plastic Law of Strain of Cotton Yarn//Journal of Fashion Technology&Textile Engineering. 2018, Vol.6, №1. PP.45-50. (№35 CrossRef. IF=0.26)

17. Ismailova S.I., Sultanov K.S. Nonlinear Deformation Laws for Composite Threads in Extension//Mechanics of Solids. New York. 2015. Issue 5. PP.578-592. (№3. Scopus. IF=0.27)

18. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Экспериментальные закономерности деформирования хлопковой пряжи при растяжении//Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. Иваново. 2016, №4 (364). С.63-67. (№3. Scopus. IF=0.04)

19. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Нелинейная упруговязкопластическая модель деформирования хлопковой пряжи при растяжении//Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. Иваново. 2016, №5 (365). С.109-115. (№3. Scopus. IF=0.04)

20. Sultanov K.S., Ismoilova S.I., Physically Nonlinear Elastic-Viscoplastic Law of Cotton Yarn Under Tension to Breakage//Journal of Fashion Technology&Textile Engineering. 2017, Vol.5, №4. PP.10-18. (№35 CrossRef. IF=0.26).

II бўлим (II часть; II part)

21. Свидетельство №DGU 04642. Программа "PROCHNOST PRYAJI-1.01" для определения прочности хлопковой пряжи деформационным методом / Султанов К.С., Исмаилова С.И.//Официальный бюллетень. 2017, №9(197). С.199-200.

22. Свидетельство №DGU 04654. Программа "PROCHNOST PRYAJI-1.02" для определения прочности хлопковой пряжи на основе нелинейной модели / Султанов К.С., Исмаилова С.И.//Официальный бюллетень. 2017, №9(197). С.205-206.

23. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Деформационный метод расчета прочности хлопковых праж. Ташкент: Издательство «Navro'z», 2018. 28 с.

24. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Физически нелинейный упруговязкопластический закон деформирования хлопковой пряжи с разгрузкой//Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2017, №3. С.24-31.

25. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Маматова Н.Р. Параметры физически нелинейного упруго-вязкопластического закона деформирования хлопковой

пряжи и их определение//Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2017, №4. С.17-24.

26. Исмаилова С.И., Султанов К.С. Нелинейные законы деформирования композитных нитей при растяжении//Известия РАН. Механика твёрдого тела. Москва. 2015, №5. С.116-130.

27. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Особенности нелинейного деформирования хлопковой пряжи при растяжении и их моделировании//Научный вестник КГТУ. 2014, №1. С.1-28.

28. Sultanov K.S., Ismailova S.I. Nonlinear Elastic-Viscoplastic Law of Cotton Yarn Deformation//AUTEX 2017 World Textile Conference. 2017. PP.956-958.

29. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Структурно-механические свойства гибких связей при растяжении//Сборник трудов XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Россия. г.Казань, 20-24 августа 2015 г. С.3638-3640.

30. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Прочность материалов при деформировании со структурными изменениями//Сборник тезисов докладов ЛП Международной научной конференции «Актуальные проблемы прочности». Россия, г.Уфа, 4-8 июня, 2012 г. - С.106.

31. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Математическое моделирование движения текстильных нитей в технологических процесса ткачества//Сборник материалов XX Международной научно-технической конференции «Прикладные задачи математики и механики - 2012», Украина, г.Севастополь, 10-14 сентября 2012 г.

32. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Определение закономерностей деформирования хлопковых нитей и тканей в технологических процесса текстильного производства // Сборник материалов международной научно-практической конференции на тему «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении», г. Андижан, 19-20 апреля 2012 г. С.180-186.

33. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Прочность деформируемых текстильных нитей взаимодействующих с твердыми поверхностями //Сборник материалов республиканской научно-практической конференции «Пахта тозалаш, тўкимачилик, енгил саноатларда ва матбаа ишлаб чиқаришларда илмий ҳажмдор технологиялар», ТИТЛП, г. Ташкент, 23-24 ноября 2011. С.154-158.

34. Исмаилова С.И., Султанов К.С., Туланов Ш.Э. Экспериментальное определение закономерности растяжения хлопковых нитей при квазистатических нагружениях//Сборник материалов республиканской научно-практической конференции “Либосларни лойихалаш ва ишлаб чиқариш жараёнини такомиллаштириш”, ТИТЛП, г. Ташкент 29-30 марта, 2012. С.55-58.

35. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Определение экспериментальных зависимостей растяжения-деформации хлопковой пряжи//Сборник материалов республиканской научно-практической конференции “Ўзбекистонда енгил саноатни инновациялар асосида

ривожлантиришининг долзарб масалалари”, ТИТЛП, г. Ташкент 29-30 ноября, 2012. С.68-70.

36. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Математическое моделирование растяжения нити при статических и динамических нагрузениях//Сборник тезисов докладов Республиканской научной конференции с участием зарубежных ученых «Неклассические уравнения математической физики и их приложения» НУУз, Ташкент, 23-25 октября 2014. С. 335-336.

37. Исмаилова С.И., Маматова Н.Р. Определение результатов опытов параметров структурных изменений и механических характеристик композитных материалов при деформировании//Сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции молодых ученых 2015, г.Ташкент, 22 декабря 2015 г. С.307-309.

38. Исмаилова С.И., Маматова Н.Р. Экспериментально напряженно-деформированное состояние композитного материала при растяжении// Сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции молодых ученых – 2015, г.Ташкент, 22 декабря 2015 г. С.304-307.

39. Исмаилова С.И., Маматова Н.Р. Экспериментальные закономерности деформирования шелковой нити при растяжении//Сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции молодых ученых – 2015, г.Ташкент, 22 декабря 2015 г. С.302-304.

40. Исмаилова С.И. Прочность конструкций включающих гибкие связи – вантов и канатов//Материалы Международной научно-технической конференции «Прочность конструкций, сейсמודинамика зданий и сооружений», ИСС АН РУз, Ташкент, 12-14 сентября 2016 г. С. 407-409.

41. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Прогнозирование прочности хлопковой пряжи методами механики деформируемого твердого тела//Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции "Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида инновацион технологияларнинг долзарб муаммолари. Тўқимачи–2016". ТИТЛП, Ташкент, 14-15 декабрь 2016 г. С.25-29.

42. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Физически нелинейный упруго-вязкопластический закон деформирования хлопковой пряжи при растяжении до обрыва//Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Значение интеграции науки и решение актуальных проблем при организации производства в предприятиях текстильной промышленности». Часть 2. Технология текстильных материалов. г.Маргилан. 27-28 июля 2017 г. С.7-13.

43. Исмаилова С.И., Султанов К.С. Нелинейная теория прочности хлопковых нитей и ее приложения//Сборник докладов республиканской научно-практической конференции «Механика деформируемого твердого тела». Том I. г.Ташкент. 25 октября 2018 г. С.235-241.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
«Механика муаммолари Ўзбекистон журналы» таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди

Бичими 60x84¹/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табоғи: 1.625. Адади 100. Буюртма № 18.

Баҳоси келишилган нархда.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.