

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ**

**ЭШҚОБИЛОВ ОЛИМ ХОЛИҚУЛОВИЧ**

**МАШИНАСОЗЛИК КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР  
МАТЕРИАЛЛАРНИНГ АНТИФРИКЦИОН ХОССАЛАРИНИ  
ЎРГАНИШ УЧУН МЕТОДИКА ВА ҚУРИЛМАНИ ВА УЛАР  
АСОСИДА ТОЛАЛИ МАССА (ПАХТА МИСОЛИДА) ТАЪСИРИДА  
ИШЛАЙДИГАН ҚОПЛАМАЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ  
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси  
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси  
(материалшунослик ва металлургия йўналишлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Эшқобиллов Олим Холиқулович**

Машинасозлик композицион полимер материалларнинг антифрикцион хоссаларини ўрганиш учун методика ва қурилмани ва улар асосида толали масса (пахта мисолида) таъсирида ишлайдиган қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....

**3**

**Эшкабиллов Олим Холиқулович**

Разработка методики и установки для изучения антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов и технологии получения покрытий на их основе, работающих при взаимодействии с волокнистой массой (на примере хлопка-сырца).....

**23**

**Eshkobilov Olim Kholikulovich**

Development of methods and installations for the study of antifriction properties of engineering polymer materials and technology of obtaining coatings based on them working when you interact with a fibrous mass (for example, raw cotton).....

**43**

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....

**47**

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ**

**ЭШҚОБИЛОВ ОЛИМ ХОЛИҚУЛОВИЧ**

**МАШИНАСОЗЛИК КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР  
МАТЕРИАЛЛАРНИНГ АНТИФРИКЦИОН ХОССАЛАРИНИ  
ЎРГАНИШ УЧУН МЕТОДИКА ВА ҚУРИЛМАНИ ВА УЛАР  
АСОСИДА ТОЛАЛИ МАССА (ПАХТА МИСОЛИДА) ТАЪСИРИДА  
ИШЛАЙДИГАН ҚОПЛАМАЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ  
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси  
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси  
(материалшунослик ва металлургия йўналишлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4PhD/T851 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУКда бажарилган.

Диссертация автореферати 3 тилда (ўзбек, рус, инглиз (рзюме) Илмий кенгаш веб саҳифасида [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим портали ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net))да жойлаштирилган.

**Илмий раҳбарлар:**

**Негматов Сойибжон Содиқович**  
техника фанлари доктори, профессор,  
ЎзРФА академиги, Ўзбекистон  
Республикаси фан арбоби

**Абед Нодира Сойибжоновна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Михридинов Рисқидин**  
техника фанлари доктори, профессор

**Солиев Рустам Ҳакимжонович**  
техника фанлари доктори

**Етакчи ташкилот:**

Андижон машинасозлик институти

Диссертация ҳимояси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.27.06.2017.K/T.03.01 рақамли кенгашнинг 2018 йил «\_\_\_» декабрь соат \_\_\_<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (71) 246-39-28; факс: (71)227-12-73, e-mail:[gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz) «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (7-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (71) 246-39-28; факс: (71) 227-12-73.

Диссертация автореферати 2018 йил «\_\_\_» декабрь куни тарқатилди.  
(2018 йил « 6» декабрдаги №7 рақамли реестр баённомаси).

**А.В.Умаров**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

**М.Г. Бабаханова**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш котиби, к.ф.н., к.и.х.

**Н.Талипов**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий  
семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси анотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги кунда дунё миқёсида йилига 23 млн. тонна сифатли пахта толаси етиштирилиб, уни тайёрлаш, йиғиш, сақлаш ва қайта ишлаш жараёнларида турли машина ва механизмлардан фойдаланилади. Пахтани дастлабки қайта ишлаш машина ва механизмларининг иш қобилияти ва самарадорлигини ошириш долзарб муаммолардан бири бўлиб, илмий – тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Машина ва механизмларнинг ишчи органларини композицион қопламалар билан қоплаб, пахта толаси ва ишчи органи ўртасидаги ўзаро ишқаланиш жараёнида толанинг табиий хусусиятларини сақлаб қолиш муҳим ҳисобланади.

Бугунги кунда жаҳонда пахтани дастлабки қайта ишлаш жараёнида қўлланиладиган машина ва механизмларнинг ишчи қисмларида композицион полимер материаллардан кенг миқёсда фойдаланилмоқда. Композицион полимер материаллар (КПМ) ва пахта толасининг ўзаро таъсирдаги ишқаланиш жараёнида уларнинг фақат ишқаланиш коэффициенти ўрганилган. Аммо ушбу жараёнда ишқаланиш зонасида харорат ва электростатик зарядларнинг ҳосил бўлиши ва таъсири ўрганилмаган. Шунинг учун пахта толаси билан машина ва механизмлар ишчи органлари ўртасидаги ишқаланиш жараёнидаги антифрикцион хоссаларни аниқлашнинг унификацияланган методикасини яратиш ва антифрикцион машинасозлик КПМни ишлаб чиқиш асосий ўрин эгаллайди.

Республикамизда пахтани дастлабки қайта ишлаш жараёнида қўлланиладиган машина ва механизмлар учун композицион қопламалар олиш борасида кенг қамровли чора ва тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, Ўзбекистонга янги технологияларни олиб кириш, янги технологияларни яратиш...» юзасидан муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада пахтани дастлабки қайта ишлаш жараёнларида қўлланиладиган машина ва механизмлар ишчи органларининг пахта билан ўзаро таъсирдаги антифрикцион хоссаларини аниқлашнинг метод ва қурилмасини ишлаб чиқиш ва улар асосида янги антифрикцион машинасозлик КПМни машина ва механизмларнинг ишқаланиш узелларига қўллаш орқали сифатли тола олишга эришиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 26 декабрдаги «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари» тўғрисидаги ПҚ-2698-сон қарори, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-

ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергоресурстежамкорлик, машинасозлик ва ресурстежамкорлик» ва VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ушбу йўналиш бўйича A.Hayashi, S.Hulemand, R.Morgen, A.D'Amore, D.Jully, G.Akovali, A.Kumar, H.J.Deppe, K.Ernst, H.Sane, A.A.Moslemi, H.A.Miller, H.C.Ениколопов, С.Н.Журков, В.В.Коршак, С.А.Вольфсон, А.А.Берлин, М.С.Акутин, Ю.С.Липатов, Э.Ф.Олейник, Ф.Мэттьюз, Г.С.Головкин, В.А.Белый, А.И.Свиреденок, М.И.Петроковец, Е.И.Карасеев, С.А.Угрюмов, В.Н.Волонский, Г.И.Шварцман, В.В.Глухих, Г.А.Голубицкая, В.М.Курдюмов, В.Г.Савкин, А.В.Струк, В.П.Соломко, Ж.Х.Халиков, Р.Г.Махкамов, М.А.Аскарлов, С.С.Негматов, С.Ш.Рашидова, А.Х.Юсупбеков, Г.Рахмонбердиев, А.А.Рискулов, Ф.А.Магруппов, Р.С.Сайфутдинов, А.С.Ибодуллаев каби олимлар изланишлар олиб борганлар.

Мавжуд ишлар таҳлиliga кўра, яратилган методлар ва қурилмалар пахта толаси ва машинасозлик КПМ ўртасидаги антифрикцион хоссаларни (ишқаланиш коэффициенти, ишқаланиш зонасидаги ҳарорат ва электростатик заряд) аниқлаш учун методологик асослари ва унификацияланган қурилма ишлаб чиқилмаган. Пахтани қайта ишлаш машина ва механизмларининг ишчи органлари ишчи режими ва параметрларини антифрикцион хоссаларга таъсири ўрганилмаган. Мазкур диссертация иши ушбу муаммо ечимига бағишланган ва долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

**Тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг Ф-4-2.8.1 «Композицион полимер материалларнинг толали масса (пахта хомашёси) билан ўзаро таъсирлашиши қонунияти ва табиатини ўрганиш» (2000-2002 йй.), А-6-2012 «Маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида барқарорлаштирилган композицион қопламалар олишнинг самарали технологияларини ишлаб чиқиш» (2012-2014 йй.), А-12-95 «Тола массаси (пахта хомашёси) билан ўзаро таъсир қиладиган кристалланувчи полимерлар асосида антифрикацион-ейилишга чидамли нанокомпозитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2015-2017 йй.), ПЗ-20170927401 «Машинасозлик учун металл-полимер-композит-толали материаллар билан ўзаро таъсирда ишлайдиган импорт ўрнини босувчи антифрикцион-ейилишбардош КПМни ишлаб чиқиш» (2018-2020 йй.) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** пахта толаси ва машинасозлик КПМнинг антифрикацион хоссаларини аниқлаш учун унификацияланган методика ва қурилмани яратиш ва улар асосида пахта толаси билан ўзаро таъсирда ишловчи композицион полимер қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

пахта хомашёси билан ўзаро таъсирда ишлайдиган пахтани қайта ишлайдиган машина ва механизмлар ишчи органларини комплекс таҳлил қилиш асосида полимер-пахта ўзаро таъсирини ўрганиш, жуфтлик учун фрикциион ўзаро таъсирни баҳолаш мезони ва схемасини танлаш;

қурилма – трибометрнинг асосий параметрларининг машинасозлик КПМнинг пахта хомашёси билан ишқаланиш зонасида ҳосил бўладиган ишқаланиш коэффиценти, электростатик заряд ва ҳароратни ўлчаш жараёнига сифат ва миқдор жиҳатидан таъсирини ўрганиш;

пахтани қайта ишлайдиган машина ва механизмлар ишчи органларининг иш режими ва пахта хомашёси сифат кўрсаткичлари (намлик ва ифлосланганлик)нинг машинасозлик КПМнинг антифрикцион-электр-иссиқлик-физик характеристикаларининг ўзгариш миқдорига таъсирини тадқиқотлаш;

полимер-пахта жуфтлиги ишқаланиш зонасида ҳосил бўладиган электр заряди зичлиги ва ҳарорат ҳамда уларнинг машинасозлик КПМнинг пахта хомашёси билан ўзаро таъсирида ишқаланиш коэффиценти таъсирини ўрганиш;

антифрикцион машинасозлик КПМ ва улар асосида олинган қопламаларнинг антифрикацион-электр-иссиқлик-физик хоссаларини ўрганиш учун унификацияланган методика ва такомиллаштирилган қурилмани ишлаб чиқиш;

такомиллаштирилган қурилма – трибометр дискининг юзасида қопламалар олиш технологик жараён ва босқичларининг илмий-методик принципларини яратиш;

такомиллаштирилган қурилма – трибометр дискининг юзасида юқори антифрикцион-ешилишбардош ва физик-механик хоссали қоплама олиш мақсадида оптимал технологик режимларни ишлаб чиқиш ва ўрганиш;

«Толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлик композицион полимер материаллари. Ишқаланиш коэффиценти, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари» Ўзбекистон давлат стандартини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** эпоксид смола ЭД-16, полиэтиленполиамин (ПЭПА) ва дибутилфталат (ДБФ), пентапласт, юқори зичликли полиэтилен (ПЭВП) ва полипропилен (ПП), майдаланган графит, темир кукуни ва шишасимон толалар. Толали материал сифатида намлиги 8-10%, ифлослиги 3-25% пахта толаси. Полимер қоплама таглиги сифатида Ст3 маркали пўлат танланди.

**Тадқиқотнинг предметини** пахта хомашёси ва КПМни ўзаро таъсиридаги антифрикцион хоссаларнинг қонуниятларини ўрганиш ва улар асосида унификацияланган методикани, такомиллаштирилган қурилмани ҳамда композицион полимер қопламани олиш технологиясини ишлаб чиқиш ташкил қилади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида пахта хомашёси билан КПМни ўзаро таъсирида антифрикцион хоссаларни (ишқаланиш коэффициентини, ишқаланиш зонасидаги ҳарорат ва электростатик заряд) аниқлашда дискли трибометр қурилмасидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

тола массаси билан ўзаро таъсирда ишлайдиган машинасозлик КПМнинг антифрикцион-электр-иссиқлик-физик хоссаларини аниқлаш учун унификацияланган методика ва такомиллаштирилган қурилма ишлаб чиқилган;

полимер-пахта жуфтлиги ишқаланиш коэффициентини ўрганиш учун унификацияланган методика ва такомиллаштирилган қурилмани ишлаб чиқиш имконини берадиган материалларнинг фрикцион ўзаро таъсир схемасини баҳолаш мезони ишлаб чиқилган;

полимер материаллар ва пахта хомашёси контакт зонасида фрикцион ўзаро таъсирда ишқаланиш коэффициентини ортишига таъсир кўрсатадиган электростатик заряд ва ҳароратни ҳосил бўлиши аниқланган;

полимер материаллар таркибига углеграфит тўлдирувчилар киритиш билан композицияда электростатик заряд ва ҳарорат ҳосил бўлиши олдини олиш ёки минимал даражагача камайтириш мумкинлиги исботланган;

такомиллаштирилган қурилма – трибометр дискининг ишчи юзасида антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер қопламалар олиш оптимал технологик жараёни ва босқичларининг илмий-методик принциплари яратилди;

пахтани қайта ишлаш машиналарининг ишчи режими ва параметрларини антифрикцион хоссаларга таъсири аниқланган ва янги композицион полимер қоплама олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

тола массаси билан ўзаро таъсирда ишлайдиган машинасозлик КПМнинг антифрикцион хоссаларини ўрганишнинг методологик асослари ишлаб чиқилган;

машинасозлик КПМнинг пахта хомашёси билан ўзаро таъсирида ишқаланиш коэффициенти, электростатик заряд зичлиги ва ҳароратни аниқлаш учун универсал қурилма яратилган бўлиб, унда контакт зонасидаги ишқаланиш коэффициентини  $f=0,01-0,50$ , электростатик заряд зичлигини  $q_3=0,10-1,2 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>, ҳароратни  $T=273-350$  К чегараларда аниқлаш режимлари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** қўлланилган физик-кимёвий, физик-механик тадқиқот усулларида фойдаланганлиги билан асосланган. Пахта хомашёси ва КПМни ўзаро таъсирида антифрикцион

хоссаларини аниқлаш натижалари математик-статистика усулида қайта ишланганлиги ва O'z DSt 3330: 2018 «Толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлик композицион полимер материаллари. Ишқаланиш коэффициенти, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари» Ўзбекистон давлат стандарти ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти машинасозлик КПМни пахта толаси билан ўзаро таъсир жараёнидаги антифрикцион хоссаларни баҳолаш мезони молекуляр-механо-электрик ишқаланиш назариясига асосланганлиги, ишлаб чиқилган методика ва қурилма асосида пахтани қайта ишлаш машиналар ишчи органларининг иш шароитини имитациялаш имконияти яратилганлиги ва машинасозлик КПМ билан пахта хомашёсининг ишқаланиш зонасида ишқаланиш коэффициенти, ишқаланиш зонасидаги ҳарорат ва электростатик зарядларнинг ҳосил бўлиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти пахта хомашёси билан машинасозлик КПМни ўзаро таъсир жараёнидаги антифрикцион хоссаларни аниқлашнинг Ўзбекистон давлат стандарти яратилганлиги (O'z DSt 3330: 2018) ва такомиллаштирилган дискли трибометр қурилмаси ишлаб чиқилганлиги, натижада пахтани қайта ишлаш машина ва механизмларнинг мақбул ишчи параметрларини аниқланганлиги ва ишқаланиш узеллари сиртига қоплаш учун янги антифрикцион машинасозлик КПМ яратилганлиги билан белгиланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Пахта хомашёси билан ўзаро таъсирда ишлайдиган машинасозлик КПМнинг комплекс антифрикацион хоссалари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлик КПМнинг ишқаланиш зонасидаги ишқаланиш коэффициенти, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари бўйича Ўзбекистон давлат стандарти (O'z DSt 3330:2018) тасдиқланган («O'ZSTANDART» агентлиги «Ахборот-маълумот маркази» давлат корхонасининг 2018 йил 26 октябрдаги 1187/40-сон маълумотномаси). Натижада дискли трибометрда машинасозлик КПМни толали материаллар билан фрикцион таъсирдаги ишқаланиш коэффициенти, ишқаланиш зонасидаги ҳарорат ва трибоэлектрик зарядларни бир вақтнинг ўзида аниқлаш имконияти яратилган;

яратилган дискли трибометр (O'z DSt 3330:2018) пахта саноат тизимида, жумладан, «Пахтасаноат ilmiy markazi» АЖ, «КВ-КОМПОЗИТ», «КОМПОЗИТ NANOTEKNOLOGIYASI», «МЕХАНОКИМО ТЕХНОЛОГИЯ» МЧЖларда ҳамда антифрикцион композицион қопламалар Пискент пахта тозалаш заводи машина ва механизмлари ишчи органларида жорий этилган (мос равишда) (03.12.2018й., 432-сон; 02.09.2018й., 19-сон; 12.09.2018й., 7-сон маълумотномалар). Натижада пахтани қайта ишлаш

машина ва механизмларининг иш унумини ошиши ҳамда электроэнергиянинг сарф бўлишини камайиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 14 та, жумладан 2 та халқаро ва 12 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган. Шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 2 таси хорижий ва 6 таси республика журналларида нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, уларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, ишланмаларни амалиётга жорий қилиш, ишнинг апробацияси натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Антифрикцион материаллар ва уларнинг толали масса билан контакт ўзаро таъсир вақтидаги хусусиятларини ўрганишнинг мавжуд методлари, мослама ва қурилмаларининг ҳозирги ҳолати**» деб номланган биринчи бобида антифрикацион материаллар, уларнинг пахта хомашёси билан ўзаро таъсир хусусиятларини ўрганишнинг замонавий ишқаланиш назариялари, методлари, асбоб-усуналари ва қурилмалари ҳолати ҳақидаги адабий манбалар таҳлили келтирилган.

Адабий манбалар таҳлилларига кўра, мавжуд методикалар ва қурилмалар полимер-пахта, композит-пахта ва металл-пахта каби тизимларда ўзаро таъсир зонасида ишқаланиш кучи, электростатик заряд ва ҳароратни бир вақтда ўрганишни таъминлаб бера олмайди, шунингдек пахта хомашёси толаси массаси билан ўзаро таъсирда ишлайдиган машинасозлик полимер материалларини яратишда уларнинг комплекс антифрикцион хоссаларини ўрганиш мобайнида қурилма параметрларининг ва пахтани қайта ишлаш машина ва механизмларининг ишчи органлари иш режимларининг таъсирларини ҳисобга олмайди. Ушбу диссертация келтирилган вазифаларни ҳал қилишга бағишланган ва бу диссертация ишининг мақсадини белгилаб берди.

Диссертационинг иккинчи «**Машинасозлик композицион полимер материалларнинг комплекс антифрикцион хоссаларини ўрганиш учун материалларнинг толали масса билан фрикциион ўзаро таъсирини баҳолаш мезонлари ва схемаларини тадқиқ қилиш ва аниқлаш**» номли бобида молекуляр-механо-электрик ишқаланиш назариясига асосланган ҳолда олиб борилган тадқиқотлар натижалари, машинасозлик полимер материаллари ва қопламаларнинг комплекс антифрикцион электр-иссиқлик-физик хоссаларини ўрганиш учун методика ва қурилмани ишлаб чиқишга мос ҳолда тадқиқот объектларининг танланиши ва асосланиши, полимер-пахта, композит-пахта и металл-пахта тизимининг ўзаро таъсирини баҳолаш мезонлари ва схемалари баён этилган.

Методикани ишлаб чиқиш ва қурилмани такомиллаштириш соҳасида олиб борилган тадқиқотлар ЎзР ФА академиги С.С. Негматов томонидан тавсия қилинган молекуляр-механо-электрик ишқаланиш назариясига асосланган ҳолда амалга оширилган. Молекуляр-механо-электрик ишқаланиш назариясига кўра полимер-пахта, композит-пахта ва металл-пахта (толали материал) ишқаланиш жуфтлиги тизимида ишқаланиш коэффициенти формуласи куйидаги кўринишга эга:

$$f = \left( \frac{\tau_o}{G_s} \right) \rho^{-x} + \beta(1 + \lambda) + \frac{K\alpha K_1}{2} \left[ \sqrt{\frac{\Delta h}{r}} + \left( \frac{1}{K_1} - 1 \right) \frac{h}{d} \right],$$

бу ерда:  $\tau_o$  – силжиш қаршилиги, Н/м<sup>2</sup>;  $G_s$  – доимий коэффициент (Н/м<sup>2</sup>), пахта хомашёсининг турига, физик хоссалари ва таркибига боғлиқ, ҳажмий массанинг контактдаги ҳақиқий босимига тенг ва бошланғич қийматидан икки марта катта;  $\rho^{-x}$  – эластик-қовушқоқ ҳаракатни характерловчи коэффициент, пахта хомашёсининг тури ва физик таркибига, материал сиртининг геометрияси ва турига боғлиқ;  $\beta$  – молекуляр боғланишлар пьезокоэффициентининг пухталаниш коэффициенти;  $\lambda$  – ишқаланиш коэффициентиининг молекуляр ташкил этувчисига электрланишнинг таъсирини ҳисобга олувчи параметр.  $\lambda$  нинг қиймати контакт зонасида юзага келувчи электр заряд қийматига тўғри пропорционал;  $K$  – контакт турига боғлиқ коэффициент;  $\alpha$  – эмпирик коэффициент;  $K_1$  – полимер материал сирти билан ўзаро таъсирда бўлган пахта хомашёси таркибидаги қаттиқ жисмлар (заррачалар) улуши;  $\Delta h$  – полимер қоплама юзасига пахта хомашёсидаги қаттиқ тартибсиз жисмларни ботиш чуқурлиги;  $r$  – пахта хомашёси ва полимер қопламанинг ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўлган айлана чизиклик радиуси;  $h$  – нотекис сиртнинг ботиш чуқурлиги;  $d$  – пахта толаси диаметри.

Экспериментал тадқиқотларни ўтказишда биринчи навбатда қурилма металл диски сиртида қоплама олиш методикаси ўрганилди. Компонентлар танлангандан сўнг композициялар тайёрланди. Биринчи композиция терморреактив полимерлар асосида тайёрланди ва қурилма-трибометр диски сиртига қуйиш усули билан қопланди, иккинчи композиция эса термопластик кукунли полимерлар асосида тайёрланиб диск сиртига мавҳум қайнаш

қатламли тебранма-уюрма қурилмада қопланди, электр печида маълум ҳароратда ва вақт оралиқларида эритилиб термик ишлов берилди.

Полимер материалларининг пахта хомашёси билан ўзаро туташуви хусусиятларини ва молекуляр-механо-электрик ишқаланиш назариясига мувофиқ янги КПМ ишлаб чиқиш учун пахтани қайта ишлаш саноати машина ва механизмлари учун пахта хомашёси билан ўзаро таъсирлашувда ишлайдиган КПМга қўйилган талабларга мослигини таъминлайдиган ҳамда композициялар хоссаларини ростланувчан ва мақсадли ўзгартиришга олиб келувчи материаллар ва тўлдирувчилар танланди.

Пахта саноати комплекси машина ва механизмларининг асосий ишчи органларининг ишлаш шароитларини комплекс таҳлил қилиш асосида КПМнинг пахта хомашёси билан ўзаро таъсири антифрикцион характеристикаларини аниқлаш методикасини ишлаб чиқиш учун жисмларнинг фрикциион ўзаро таъсир схемаси танланди. Танланган метод назарий жиҳатдан асосланди ва диски ишчи органли трибометр қурилмасининг принципал схемаси ишлаб чиқилди. Силлиқ диск кўринишидаги синалаётган намунанинг айланма ҳаракати контакт зонада фрикциион ўзаро таъсир радиуси бўйича чизиқли тезликнинг нисбий фарқлари ҳисобига пахта толалари дезориентациясини юзага келтириши туфайли пахта хомашёси билан фрикциион ўзаро таъсирда ишлайдиган машина ва механизмлар ишлаш шароитларига максимал даражада мослигининг таъминланиши кўрсатилди. Синалаётган намуна билан толали массасининг фрикциион ўзаро таъсири амалга ошириладиган цилиндрик идиш (короб) шакли ва унинг ён сирти деворлари бўйлаб ёнлама босимнинг камайиб бориши экспериментал натижаларнинг аниқлиги ва ишончилигини етарли даражада таъминлаш имконини берди.

Ишлаб чиқиладиган трибометр қурилмаси қуйида келтирилган талабларга жавоб бериши кераклиги белгилаб олинди.

1. Синовларни ўтказиш учун қурилма биринчи навбатда:

- диски намунанинг айланиш частотасини методик кўрсатмалар бўйича ўрнатилган қийматларда, яъни контакт юзаси марказида сирпаниш тезлигининг талаб қилинган 0,5 м/с дан 10 м/с гача оралиқларида 0,5 м/с қадам билан ва 5% дан ошмайдиган хатолик билан ўрнатиш имконияти билан ростлаш;

- толали массани қўзғалувчан намунага қисилиш босими  $P$  нинг қийматларини методик тавсиялар бўйича 0,001 МПа дан максимал 0,05 МПа гача оралиқда босқичма босқич ростлаш;

- контакт қиладиган юзалардаги ишқаланиш кучини ўрнатилган сирпаниш тезликлари ва ҳосил қилинадиган қисил босими қийматларининг кенг оралиқларида ўлчаш;

- ишқаланиш зонасида ҳароратни хона ҳароратидан то 150<sup>0</sup>С гача ўлчанадиган қийматларини 5% дан ошмайдиган хатолик билан ўлчаш;

- синалаётган намунанинг электростатик зарядлари қийматларини рухсат этиладиган  $\pm 5\%$  асосий хатолик билан ўлчашни таъминлаш лозим.

2. Цилиндрик идиш диаметри билан белгиланадиган чегаравий радиал масофали участкаларнинг чизикли тезликлари фарқини камайтириш учун қуйидаги нисбатга амал қилиш лозим:

$$\frac{r}{d} \geq 3,$$

бу ерда:  $r$ —диск ва цилиндр идиш ўқлари орасидаги масофа;

$d$ — цилиндр идиш диаметри.

3. Контакт майдонини камида  $50 \text{ см}^2$  таъминлаб берувчи цилиндр идиш энг ишончли натижалар олишни таъминлаб беради.

4. Цилиндр идиш билан поршень ўртасидаги тирқиш  $0,1 \text{ мм}$  дан кичик ва  $1 \text{ мм}$  дан катта бўлмаслиги керак.

5. Синовлар жараёнида тола массасини юмалашини олдини олиш учун поршень туби ёйилган металл найзачалар кўринишидаги фиксаторлар (қайд қилувчилар) билан жиҳозланган бўлиши керак. Айнан улар қолдик электростатик зарядларни ерга улаш (заземление) йўли билан олиш учун электродлар сифатида ишлатилиши мумкин.

6. Тирқишга пахта хомашёси уруғи (чигит)ларнинг тикилиб қолишидан келиб чиқадиган ўлчашлардаги хатоликларни истисно қилиш учун цилиндр идиш билан синалаётган намуна ўртасидаги тирқиш  $2 \text{ мм}$  дан ошмаслиги лозим.

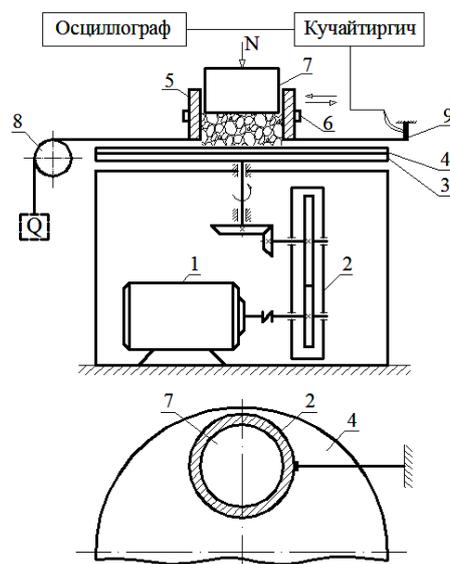
7. Намуна ва тола массаси трибометр станинасида электр изоляцияланган бўлиши керак, бунда изоляция қаршилиги  $10 \text{ мОм}$  дан кам бўлмаслиги лозим.

Конструкция, полимер ва композит материал билан пахта хомашёси ўртасидаги ишқаланиш кучини, ишқаланиш зонасидаги ҳарорат ва электростатик заряд катталигини аниқлаш учун диски трибометрнинг принципади схемаси 1-расмда келтирилган.

Диски трибометр қуйидаги тарзда ишлайди. Электродвигатель 1 ва редуктор 2 дан горизонтал диск 4 ўрнатилган вертикал вал 3 ҳаракатга келтирилади. Диска синалаётган материалдан ишланган намуна 4 қопланади. Ўқ бўйича ва радиал тепишнинг олдини олиш учун диск вали иккита радиал ва битта таянч подшипникка ўрнатилган. Саккизта радиал шарикли подшипниклар 6 да жойлашган цилиндр идиш 5 бўйлама йўналишда ҳаракатланади. Радиал шарикли подшипникларнинг қўлланилиши цилиндр идишнинг ён деворлари ва йўналтирувчи рама ўртасидаги ишқаланиш кучини камайтиради. Йўналтирувчи рама зарур ҳолларда вертикал ҳаракатланиши мумкин. Бунинг учун девор ичида шариклар билан тўлдирилган тўртта каналлар мавжуд.

Цилиндр идишга иккала томондан тросчалар бириктирилган. Уларнинг биттаси блок 8 устидан ўтади ва юкланишни тарировка қилиш учун хизмат қилади. Иккинчи тросча бир учи цилиндр идиш билан иккинчи учи эса тензометрик датчик ўрнатилган ўлчаш тўсинчасига маҳкамланган.

Дискли трибометр комплексда тензометрик датчиклардан олинадиган метрик сигналларни кучайтириш учун УТ-4 кучайтиргичи ва уларни ёзиб олиш учун осциллограф Н-700 ҳамда компьютер мавжуд.



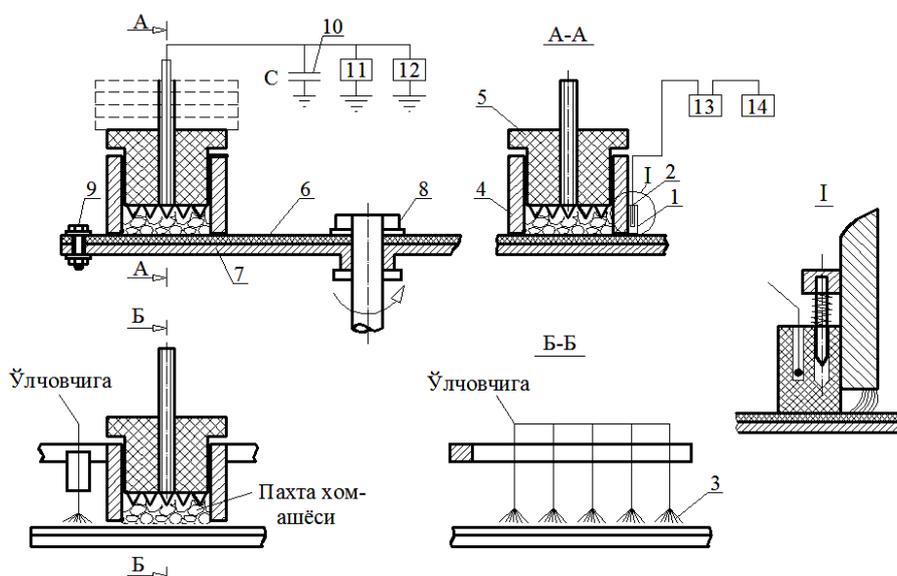
1-электродвигатель; 2-редуктор; 3-диск; 4-полимер қопламали ёки композицион материалли намуна; 5-цилиндрик идиш; 6-шарикли подшипник; 7-поршень; 8-блок; 9- ўлчаш тўсини

**1-расм. Дискли трибометрнинг принцинал схемаси**

Цилиндрик идиш ичига пахта хомашёси ва унинг устидан юк билан поршень жойланади. Диск айланганида полимер қоплама пахта хомашёси солинган цилиндр идишни ўз ортидан тортади ва шу йўл билан иккинчи тросчани таранг ҳолатга келтиради ва у ўз навбатида ўчаш балкасини эгади, балкага ўрнатилган тензометрик датчик тортиш кучини электр тебранишга айлантириб беради. Бу тебранишлар кучайтиргич УТ-4 билан кучайтирилади ва узатилаётган сигналлар Н-700 осциллографда ёки мониторда ёзиб олинади (бизнинг тадқиқотларда сигналларни ёзиб олиш учун осциллографдан фойдаланилди).

Ишқаланиш зонасидаги ҳарорат тоқ олиш қурилмаси ёрдамида ўлчанди (2-расм), ЭЮК ўзгариши принципага асосланган ҳолда ҳароратга боғлиқ равишда ишлайди. Цилиндрик идишнинг ён сиртларида сирпанувчи углеграфит электродлар ўрнатилган бўлиб, уларнинг ички қисмига стандарт ТХК-150 туридаги хромель-копель термोजуфтликлари жойлаштирилган. Ҳарорат ПП-63 маркали потенциометр ёрдамида ўлчанади.

Ишқаланиш натижасида ҳосил бўлган зарядлар йўқотилишининг олдини олиш учун трибометрнинг алоҳида деталлари ва тугунлари (узеллари)ни фторопласт прокладкалар билан изоляцияланади. Ишқаланиш зонасида ҳосил бўлган зарядлар электродлар ёрдамида олинади. Статик электр зарядлари ва уларнинг зичликлари С-50 вольтметри ёрдамида потенциал қийматларни ўлчаш орқали аниқланади.



1-углеграфит электрод; 2-терможуфтлик; 3-металл чўтка; 4-нинасимон электрод; 5-изоляция втулкаси; 6-изоляция прокладкаси; 7-диск; 8-полимер қопламали намуна; 9-поршень; 10-қўшимча сиғим; 11-статик вольтметр; 12-сиғим ўлчагич; 13-потенциометр; 14-термостат

## 2-расм. Ишқаланиш зонасида электр-статик заряд ва ҳароратни ўлчашнинг принципиал схемаси

Аниқ ва ишончли қийматларга эришиш учун датчик полимер қопламанинг зарядланган юзасидан маълум масофада ўрнатилган. Датчик O'zDSt: 2018 га кўра пахтага «ботирилган» нинасимон электродли металл пластинкадан иборат. Зарядланган сиртдаги статик заряд қийматлари датчикга электростатик индукция йўли билан узатилади ва вольтметр ёрдамида ўлчанади. Тажрибалар натижасида зарядларнинг қийматларини ўлчаш аниқлиги контакли ва контактсиз зарядларни олишда амалий жиҳатдан бир хил эканлиги аниқланди. Датчик қурилма корпусидан фторопласт прокладкалар ёрдамида изоляцияланади. Ишқаланиш зонасининг юқори диэлектрик хоссаларга эга бўлган фторопластдан фойдаланиб изоляция қилиниши электростатик зарядларни ўлчаш аниқлигини оширади. Бунга, шунингдек, ўлчаш занжиридаги қўшимча сиғим ёрдам беради.

Тизимнинг маълум сиғими ва статик вольтметр ёрдамида ўлчанган потенциал бўйича заряд катталиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = U(C_{\text{вк}} + C_c + C_{\text{дк}})$$

бу ерда:  $C_{\text{вк}}$  - статик вольтметр сиғими;  $C_c$  - ишқаланаётган жуфтлик сиғими;  $C_{\text{дк}}$  - қўшимча конденсат сиғими;  $U$  - статик вольтметр билан ўлчанган кучланиш.

Статик электрланишнинг максимал заряди пахта хомашёси билан ишқаланишнинг турли вақтларида рўй беради. Статик электр зарядлари ҳосил бўлиш кинетикасини тадқиқ қилиш натижасида барча полимер материаллар учун максимал заряднинг ҳосил бўлиш вақти 20 с дан 145 с гача оралиқда бўлиши аниқланди. Шу сабабли барча тажрибаларда

электростатик зарядлар қийматлари ўлчаш синов бошланганидан кейин 180 с ўтгач амалга оширилди.

Тажриба натижалари компьютер техникасидан фойдаланган ҳолда математик статистика методлари ёрдамида ишлов берилди.

Диссертациянинг «**Машинасозлик композицион полимер материалларнинг пахта хомашёси билан комплекс антифрикцион хоссаларини ўрганиш учун трибометр қурилмасининг мақбул параметрларини ва полимер-пахта жуфтликларининг контакт ўзаро таъсирлари режимларини тадқиқ қилиш ва танлаш**» номли учинчи бобида пахта билан машинасозлик композицион материалларининг ўзаро таъсирлашуви вақтида антифрикцион-электр-иссиқлик-физик хоссаларини ўрганиш методини ишлаб чиқиш ва уни амалга ошириш учун трибометр қурилмасини такомиллаштиришнинг методологик асосларини аниқлашда қурилма мақбул параметрларини ва пахта-полимер жуфтлиги туташувидаги ўзаро таъсирлашуви режимларини танлаш бўйича олиб борилган экспериментал тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

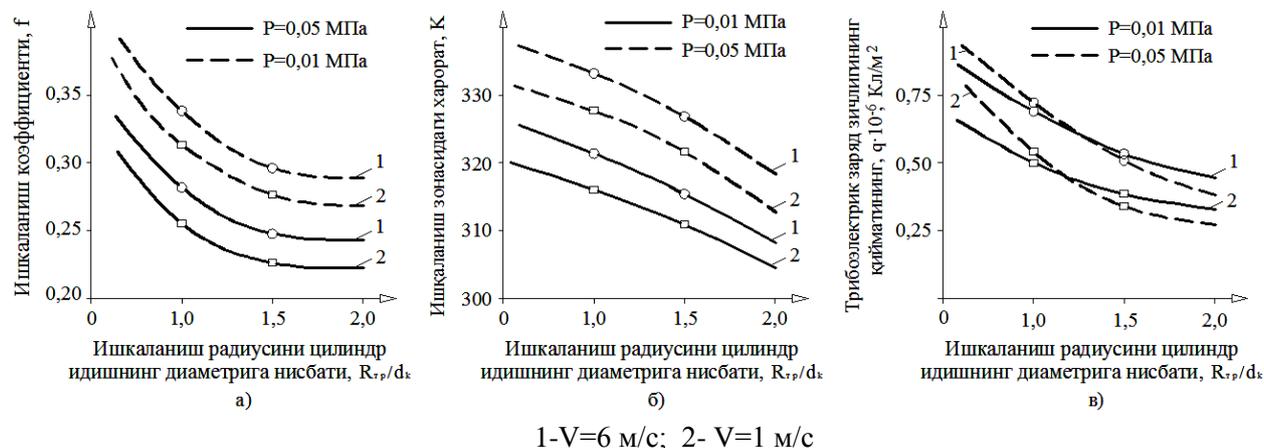
Пахта билан ўзаро таъсирлашувда бўлган полимер материалларнинг антифрикцион хоссалари сирпаниш тезлиги ва контактдаги босимга ҳамда контактнинг номинал ва ҳақиқий юзалари каби ўзаро таъсирлашув асосий параметрларига боғлиқлиги ўрганилди. Бу омиллар у ёки бу машинанинг ишлашида турлича таъсирларда намоён бўлиб, ҳар бир машинанинг ишлашига мос равишда қурилма параметрларини ростлаш ва тажрибаларни ўтказиш шароитларини максимал даражада машиналар ишлаш шароитига яқинлаштириш зарур бўлади.

Қурилманинг бундай параметрларига ва тажрибани ўтказиш шароитларини мослаштиришга контакт ҳақиқий юзаси қийматига боғлиқ бўлган ишқаланишни ўлчаш радиуси ( $R_{mp}$ ), цилиндрик идишда пахта массасининг берилган баландлигида сочилган масса зичлигига таъсир кўрсатадиган цилиндрик идишнинг ички диаметри ( $d_k$ ), ишқаланиш жараёнида пахта массасининг цилиндрик идиш деворига босими таъсирини ҳамда дискнинг айланиш тезлиги ва пахтани босиб турувчи юк қийматининг ростланувчанлик даражасини таъминлайдиган цилиндрик идиш ён деворининг баландлиги ( $h_k$ ) кабиларни киритиш мумкин. Бундан ташқари, тесқари йўл билан бориб, дастлаб ишқаланиш коэффицентининг, ишқаланиш зонасидаги хароратнинг, электр заряди зичлигининг минимал қийматларини трибометрнинг иш режимлари ва параметрларига мос ҳолда аниқлаб, машиналар ишчи органлари учун хос бўлган тезлик, юкланиш ва пахта намлиги каби шартларни бериш мумкин.

3-расмда эпоксид композицион материалларининг пахта хомашёси билан фрикцион ўзаро таъсир шароитида босим ( $P$ ) ва сирпаниш тезлик ( $V$ ) ларнинг турли қийматларида  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  ларнинг  $R_{mp}/d_k$  га боғлиқлиги келтирилган.

Тадқиқот натижаларига кўра  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  ларнинг энг турғун қийматлари  $R_{mp}/d_k \geq 3$  бўлганда кузатилади,  $R_{mp}/d_k$  нинг қиймати 0,75 гача камайганда  $f$ ,  $\sigma$

ва  $T_{mp}$  антифрикцион тавсифномаларнинг қийматлари максимал даражага эришади.  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  ларнинг  $R_{mp}/d_k$  га боғлиқ равишда бундай ўзгаришлари ишқаланиш радиуси бўйича фриктион туташувда бўлган элементар юзачалар чизиқли сирпаниш тезлиги нисбий фарқининг ошиб бориши билан тушунтириш мумкин.



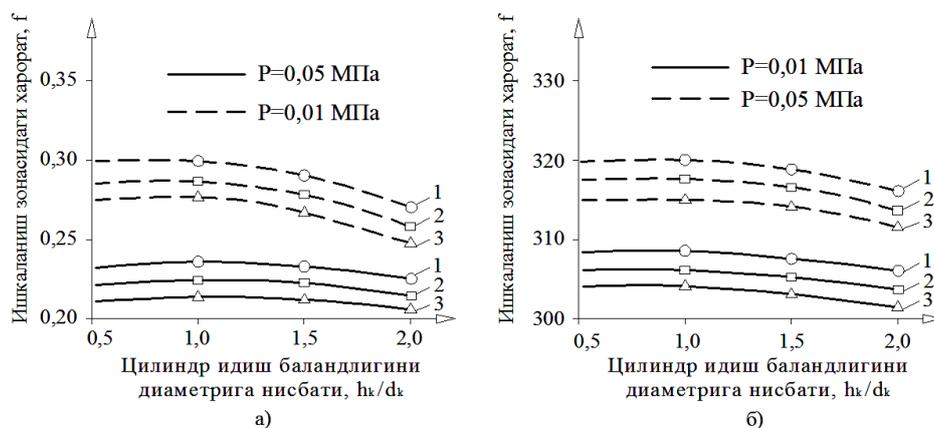
3-расм. Эпоксид композитнинг пахта билан ўзаро таъсирида  $R_{mp}/d_k$  муносабатини ишқаланиш коэффициентини (а) ва ишқаланиш зонасидаги ҳарорат (б) ва трибоэлектрик зарядга боғлиқлиги

Чунки чизиқли тезлик нисбий фарқининг ошиши билан контакт зонасида толаларнинг ўта даражада дезориентацияси рўй беради ва  $\sigma$  нинг ҳосил бўлиши ва тўпланиши жадаллашувига олиб келувчи фриктион ўзаро таъсир кучи ортади. Босим ва тезликларнинг ўзгариши билан ҳақиқий контакт юзасининг ортиши натижасида электростатик зарядлар зичлиги ва пахта билан полимер ўзаро таъсир частоталари ҳам ошади. Электростатик зарядлар ҳосил бўлиши билан бир пайтда микроразряд жараёнлари ҳам содир бўлиб, унинг натижасида фриктион ўзаро таъсир зонасида ҳарорат ошади.

Ишда курилманинг  $d_k$  ва  $h_k$  каби параметрлари полимер материалларнинг пахта билан ўзаро таъсири антифрикцион хоссаларига бир хилда таъсир кўрсатмаслиги аниқланди.  $h_k/d_k$  нинг ўзгариши  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  лар ўзгаришига сезиларли даражада таъсир кўрсатади (4-расм).  $h_k$  ортганда  $\sigma$  нинг қиймати доимий бўлиб қолади, чунки ўлчаш электродлари пахта массасида полимер материал яқинида доимий жойлашади, бунинг натижасида ўзаро таъсир зонаси ва ўлчаш тизими сифими амалда доимий қолади. Юқорида баён қилинганларни ҳисобга олган ҳолда ўлчаш сифатига  $h_k$  ва  $d_k$  ларнинг таъсири алоҳида параметрлар нуқтаи назаридан эмас, балки уларнинг ўзаро нисбатининг ўлчамсиз катталигининг таъсири ўрганилди.

Ўтказилган тадқиқотлар таҳлиллари шуни кўрсатадики (6-расм), бу параметрларнинг жиддий таъсири  $h_k/d_k \geq 2$  бўлганда кузатилади.  $h_k=d_k=0,5 \div 1,5$  кичик қийматларда ёнлама босим полимер материалларнинг пахта билан антифрикцион хоссаларига деярли таъсир қилмайди. Бундан ташқари  $d_k$  нинг қийматлари  $20 \pm 2$  мм дан кичик бўлиши мумкин эмас, чунки келтирилган қийматлардан кичик бўлса, полимер билан пахта ўртасида контакт ўта

даражада қаттиқ бўлади, ҳақиқий контакт юзаси кескин катталашади ва фрикцион ўзаро таъсир шароитлари полимерларнинг тукли чигит билан ўзаро таъсир шароитларига яқин бўлиб қолади.



1-  $V=6$  м/с бўлганда; 2-  $V=4$  м/с бўлганда; 3-  $V=1$  м/с бўлганда

**4-расм. Эпоксид композитнинг пахта билан ўзаро таъсирида  $h_k/d_k$  нисбатнинг ишқаланиш коэффиценти (а) ва ишқаланиш зонасидаги ҳарорат (б) га боғлиқлиги**

Пахтанинг сифат кўрсаткичлари (намлиги ва ифлосланганлиги)  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  ларнинг  $P$ ,  $V$  ларга боғлиқлигидаги умумий қонуниятларнинг ўзгаришларига ва трибометр параметрларига жиддий таъсир кўрсатмайди, лекин ишқаланиш зонасида толали массанинг ҳажмий қовушқоқ-эластиклик хоссасининг ва унга мос равишда ҳақиқий контакт юзасининг ўзгаришлари натижасида  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{mp}$  ларнинг абсолют қийматларига сезиларли таъсир кўрсатади. Масалан, пахта хомашёси ифлосланишининг 20-25% гача ортиши  $f$ ,  $\sigma$  ва  $T_{tr}$  лар қийматларининг унга пропорционал равишда камайишига, пахта намлигининг 30-40% гача ортишида эса,  $\sigma$  ва  $T_{tr}$  лар қийматлари камайишига қарамасдан  $f$  нинг жиддий ошишига олиб келади. Бу ҳолат толали массасининг ҳақиқий контакт юзаларда молекулалараро ўзаро таъсирнинг кучайиши ва толаларнинг адсорбланган намлик билан тўйиниши натижасида уларнинг илашувчанлигининг ортиши билан боғлиқ.

Олиб борилган тадқиқотлар натижалари трибометр қурилмаси параметрларини қуйидагича мақбуллаштириш имконини берди:

- дискли намунанинг максимал диаметри 300 мм; цилиндрик идиш диаметри 80 мм; цилиндрик идиш баландлиги 80 мм.

Бунда қурилмани тайёрлаш технологияси билан боғлиқ техник-иктисодий жиҳатлар, шунингдек, ундан фойдаланишда қўлланиладиган материаллар ва энергетик воситалар сарфи эътиборга олинди.

Ишлаб чиқилган методика ва такомиллаштирилган қурилма ҳамда КПМнинг пахта билан ўзаро таъсир жараёнларини тадқиқ қилиш натижалари асосида пахтани қайта ишлаш машина ва механизмлари муайян ишчи органи учун уларни синашнинг мақбул режимларида машинасозлик КПМнинг антифрикцион хоссаларини аниқлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди (1-жадвал).

**Пахтани қайта ишлаш машина ва механизмлари ишчи органлари учун КПМ антифрикцион хоссаларини аниқлашда тавсия қилинадиган қурилма-трибометр параметрлари ва синов режимлари қийматлари**

Машина ва механизмлар тури	Трибометр параметрлари *		Ишқаланиш режими		Пахтанинг сифат кўрсаткичлари	
	$R_{mp}/d_k$	$h_k/d_k$	P, МПа	V, м/с	З, %	W, %
Винтли конвейерлар (транспортёрлар)	0,75-1,5	0,5-1,0	0,005-0,01	1-5	5-25	10-30
Ўйрик ва майда ифлосликдан тозалагичлар ва тақсимлагичлар	1-1,5	0,5-1,0	0,01-0,02	1-5	5-25	10-30
Қозикчали машиналар	3-5	1,0-2,0	0,01-0,05	6-8	5-25	10-50
Валокли ва тиғли (пылли) джинлар	3-5	1,0-2,0	0,03-0,07	8-10	1-5	8-15

\*Илова: ўрганилаётган материалнинг ишчи юзаси ғадир-будурлиги:  $R_{mp} \leq 0,4d_k$  (пахта толасининг ўртача диаметри) шартни қаноатлантириши лозим. З- ифлосланганлик; W- намлик

**«Машинасозлик композицион полимер материаллар антифрикцион хоссаларини ўрганиш методикаси ва қурилмаси ҳамда улар асосида толали масса билан ўзаро таъсирлашувда бўладиган қопламаларни олиш технологиясининг технологик ва амалий жиҳатлари»** номли тўртинчи бобда пахта хомашёси билан контакт ўзаро таъсирда ишлайдиган машинасозлик КПМ ва қопламаларни трибометр қурилмаси диски сиртида олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича натижалар ҳамда толали масса билан ўзаро таъсир қиладиган КПМнинг антифрикцион хоссаларини аниқлаш методикасининг амалий жиҳатлари баён қилинган.

Диссертациянинг ушбу бобида ишлаб чиқилган илмий-методик тамойиллар асосида машинасозлик КПМ ва улардан қопламалар олиш модул технологик линияси «КВ-КОМПОЗИТ» МЧЖ махсус конструкторлик бюросида яратилганлиги баён қилинган.

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида кукунсимон термопластик полимерлар ва уларнинг композициялари асосларида такомиллашган трибометр қурилмаси металл диски сиртида қопламалар олишнинг мақбул ва тавсия этиладиган технологик режимлари ўрнатилди (2 - жадвал).

2 – жадвалда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, ҳар бир полимер ва улар асосида олинган композит учун ўзининг аниқ ҳарорат ва вақт бўйича режимлари мавжуд.

Тадқиқотлар асосида O'zDSt 3330: 2018 «Толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлик композицион полимер материаллари. Ишқаланиш коэффициенти, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари» Ўзбекистон давлат стандарти ишлаб чиқилганлиги нафақат тадқиқот методини унификациялаш, балки янги яратилаётган материаллар самарадорлигини баҳолаш билан бир қаторда пахта хомашёси билан ўзаро таъсирда бўладиган КПМнинг антифрикцион

хоссалари бўйича стандарт маълумотлар банкини яратиш учун ҳам кенг имкониятлар яратади.

## 2 - жадвал

### Такомиллашган трибометр диски сиртида термопласт полимерлар ва улар асосидаги композициялардан қопламалар олиш учун мақбул ва тавсия этиладиган ҳарорат-вақт технологик режимлари

Полимер тури	Дискни дастлабки киздириш ҳарорати, °С		Металл дискнинг мавҳум қайнаш қатламида бўлиш вақти, с		Диск сиртига қопланган қопламага термик ишлов бериш ҳарорати, °С		Диск сиртига қопланган қопламага термик ишлов бериш вақти, с	
	полимер учун	компо-зит учун	полимер учун	компо-зит учун	полимер учун	компо-зит учун	полимер учун	компо-зит учун
Юқори зичликдаги полиэтилен	230-235	240-250	3-5	6-10	175-185	190-200	2-3	4-5
Полипропилен	240-250	260-270	3-5	6-10	180-190	195-205	3-4	5-6
Полиамид ПА-68	260-270	280-300	3-8	10-18	220-230	240-250	2-3	3-4
Пентапласт	270-280	300-320	5-15	16-25	250-260	265-275	10-14	15-20

Изоҳ: композит 100 масс. термопластик полимердан ва 5 масс. қурум (сажа) дан иборат.

Тадқиқот доирасида ишлаб чиқилган методика ва қурилма кенг қамровли синовдан ўтказилди. Метод ва приборлардан «КВ-КОМПОЗИТ» МЧЖ, «МЕХАНОКИМО ТЕХНОЛОГИЯ» МЧЖ ва «КОМПОЗИТ NANOTEХНОЛОГИЯСИ» МЧЖ ларда пахта саноати комплекси машина ва механизмлари ишчи органлари учун энг самарали машинасозлик КПМни танлашда, аввалдан маълум антифрикцион хоссаларга эга бўлган КПМ ишлаб чиқаришда фойдаланилмоқда. Бундан ташқари, методика давлат стандартини ишлаб чиқиш босқичида кенг апробациядан ўтди.

## ХУЛОСАЛАР

1. Пахтани қайта ишлаш машина ва механизмлари ишчи органларининг пахта хомашёси билан ўзаро таъсирда ишлаш шароитлари ҳамда пахта толасининг шикастланиш даражалари бўйича олиб борилган назарий тадқиқотлар натижалари таҳлиллари асосида пахта хомашёсининг турли хилдаги сиртлар билан антифрикцион ўзаро таъсирлашуви кўрсаткичларини аниқлаш учун асосий мезонлар топилган ва умумий методика ҳамда такомиллашган дискли трибометр қурилмаси тавсия этилган.

2. Полимер материалларининг пахта билан антифрикцион ўзаро таъсирлашуви принципал схемасида, синалаётган полимер материал горизонтал текисликда айланма ҳаракат қиладиган текис диск кўринишида, унинг текис сиртига эса тик йўналишда пахтани поршень ёрдамида босиш учун тагсиз идиш, минимал ён босимни таъминлаб берувчи айлана сиртга эга бўлган цилиндр кўринишида бўлиши назарий ва экспериментал жиҳатлардан асосланган. Қабул қилинган антифрикцион ўзаро таъсирлашув схемаси

машиналар ишчи органларининг ҳақиқий ишлаш шароитини максимал даражада акс эттириш имконини беради.

3. Пахта ва КПМнинг ўзаро таъсиридаги антифрикцион хоссаларини ўлчаш натижаларига трибометр қурилмасининг ўртача ишқаланиш радиуси, цилиндрик идиш диаметри ва баландлиги каби геометрик параметрлари жиддий ва турлича таъсирлар кўрсатиши аниқланилди. Шу билан бирга трибометр қурилмаси параметрларини мақбуллаштириш учун ҳамда барқарор ва бир хил натижалар олиш учун  $R_{тр}/d_k$  ва  $h_k/d_k$  каби ўлчамсиз катталиклардан фойдаланиш тавсия этилди.

4. Ишқаланиш радиусининг цилиндрик идиш диаметрига нисбати қиймати камайиши билан намунанинг антифрикцион хоссалари қийматларининг, пахта толалари дезориентацияси ва контакт юзаси бўйича фрикцион таъсир частотаси кабиларнинг ортиб боришларига боғлиқ равишда ўсиб бориши кўрсатилди.  $h_k/d_k$  нисбатнинг мақбул қийматини танлаш орқали цилиндрик идишдаги пахтага таъсир қиладиган ён босимни кескин камайтириш мумкинлиги ўрнатилди.

5. Қурилманинг мақбул параметрларини аниқлаш ва антифрикцион материалларнинг хоссаларини ўрганишнинг методик тамойилларини ишлаб чиқиш ҳамда такомиллашган трибометр диски сиртида полимер ва композит қопламалар қоплашнинг мақбул технологик режимларини аниқлаш мақсадида толали масса (пахта хомашёси) ўзаро таъсирда ишлайдиган КПМдан трибометр қурилмаси диски ишчи юзасида антифрикцион қопламалар қоплаш учун уни амалга ошириш технологиясининг илмий-методик тамойиллари ва модул технологик линия ишлаб чиқилди.

6. Такومиллашган трибометр металл диски юзасида терморектив композитлардан ва термопластик полимерлардан ҳамда улар асосидаги композициялардан қопламалар олиш мақбул технологик режимлари ишлаб чиқилди. Ҳар бир аниқ таркибдаги полимер ва унинг асосидаги композиция учун тегишли ҳарорат-вақт технологик режимлари мавжудлиги аниқланди. Қопланган қоплама ҳарорати ва термик ишлов бериш вақти, мос равишда  $230-235^{\circ}\text{C}$ , 3-5 с ва  $175-185^{\circ}\text{C}$ , 2-3 с ларни ташкил этади. Полиэтилен композиция учун  $240-250^{\circ}\text{C}$ , 6-10 с ва  $190-200^{\circ}$ , 4-5 с.

7. Керакли антифрикцион-электр-иссиқлик-физик хоссаларга эга бўлган машинасозлик КПМни танлаш биз томондан яратилган O'zDSt 3330: 2018 «Толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлик композицион полимер материаллари. Ишқаланиш коэффиценти, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари» Ўзбекистон давлат стандартига асосан амалга ошириш тавсия этилди.

8. Ишлаб чиқилган Ўзбекистон давлат стандарти O'zDSt 3330: 2018 ва такомиллаштирилган қурилма – дискли трибометр «КВ-КОМПОЗИТ» МЧЖ махсус конструкторлик бюросида тайёрланган ва синалган, «КОМПОЗИТ NANOTEKNOLOGIYASI» МЧЖ ва «МЕХАНОКИМОТЕХНОЛОГИЯ» МЧЖ илмий-технологик марказларида жорий килинган.

9. Пахта саноати машина ва механизмлари ишчи органларида қўлланиладиган машинасозлик конструкцион материаллар ва қопламаларнинг пахта хомашёси билан ўзаро таъсирдаги антифрикцион хоссаларни аниқлаш бўйича стандарт маълумотномалар учун қийматлар банкини яратишда фойдаланиш тавсия этилди.

10. Танланган антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер қоплама тажриба-синовидан ўтказилди ва Пскент пахтани қайта ишлаш заводида жорий этилди. Антифрикцион-ейилишбардош композицион қопламаларни Пискент пахта тозалаш заводи машина ва механизмлари ишчи органи деталларида қўлланилишидан олинган иқтисодий самара йилига 154 млн. сўмни ташкил қилади (октябрь 2018).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ЭШКОБИЛОВ ОЛИМ ХОЛИКУЛОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ИХ  
ОСНОВЕ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С  
ВОЛОКНИСТОЙ МАССОЙ (НА ПРИМЕРЕ ХЛОПКА-СЫРЦА)**

02.00.07 – Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых материалов (технические науки)

05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов (технические науки)

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

**Ташкент – 2018**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2018.4PhD/Т851 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу [www.gupft.uzi](http://www.gupft.uzi) Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Научные руководители:**

**Негматов Сайибжан Садикович**  
академик АН РУз., заслуженный деятель науки Республики Узбекистан, доктор технических наук, профессор

**Абед Нодира Сойибжоновна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Михридинов Рискидин**  
доктор технических наук, профессор

**Солиев Рустам Хакимжонович**  
доктор технических наук

**Ведущая организация:**

Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «\_\_\_» декабря 2018 года в \_\_\_<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ватараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: [gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz), на здании «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером № 7). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» декабря 2018 года (протокол реестра № 7 от 6 декабря 2018 г.).

**А.В.Умаров**

Заместитель председателя  
научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**М.Г. Бабаханова**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

**Н.Талипов**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире ежегодно производится 23 млн. тонн качественного хлопкового волокна, в процессах подготовки, уборки, хранения и переработки которого используются различные машины и механизмы. Повышение работоспособности и эффективности машин и механизмов первичной переработки хлопка является одной из актуальных проблем. Сохранение природных свойств волокна в процессе фрикционного взаимодействия между хлопковым волокном и рабочим органом машин и механизмов с нанесением на их поверхность композиционных покрытий является важной задачей.

На сегодняшний день в мире широко используются композиционные полимерные материалы (КПМ) в рабочих узлах машин и механизмов в процессе первичной переработки хлопка. При взаимодействии КПМ с хлопком сырцом изучен коэффициент трения. Но при этом процессе не изучено влияние температуры и электростатических зарядов в зоне трения на антифрикционные свойства КПМ. Поэтому определение антифрикционных свойств в процессе фрикционного взаимодействия рабочих органов машин и механизмов с хлопковым волокном и на основе этого разработка новых антифрикционных КПМ имеет особое место.

В республике ведутся широкомасштабные меры по получению композиционных покрытий для машин и механизмов, применяемых в процессе первичной переработки хлопка и достигаются конкретные результаты. В Стратегии действий развития Республики Узбекистан поставлены важные задачи «...широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, привлечение в Узбекистан новых технологий, создание новых технологий». В этом отношении, достижение получения качественного волокна разработкой метода и установки для определения антифрикционных свойств взаимодействующих рабочих органов машин и механизмов с хлопка и применением в узлах трения машин и механизмов новых машиностроительных КПМ, получаемых на их основе, имеет важное значение.

Данное диссертационное исследование служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан ПП-№2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производств готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов», в постановлении и указе ПП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям дальнейшего развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», а также в других нормативно - правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика,

энергоресурсосбережение, машиностроение и ресурсосбережение» и VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** По данному направлению внесли определенный вклад следующие ученые: A.Nayashi, S.Hulemand, R.Morgen, A.D'Amore, D.Jully, G.Akovali, A.Kumar, H.J.Deppe, K.Ernst, H.Sane, A.A.Moslemi, H.A.Miller, H.C.Ениколопов, С.Н.Журков, В.В.Коршак, С.А.Вольфсон, А.А.Берлин, М.С.Акутин, Ю.С.Липатов, Э.Ф.Олейник, Ф.Мэттьюз, Г.С.Головкин, В.А.Белый, А.И.Свиреденок, М.И.Петроковец, Е.И.Карасеев, С.А.Угрюмов, В.Н.Волонский, Г.И.Шварцман, В.В.Глухих, Г.А.Голубицкая, В.М.Курдюмов, В.Г.Савкин, А.В.Струк, В.П.Соломко, Ж.Х.Халиков, Р.Г.Махкамов, М.А.Аскарлов, С.С.Негматов, С.Ш.Рашидова, А.Х.Юсупбеков, Г.Рахмонбердиев, А.А.Рыскулов, Ф.А.Магруппов, Р.С.Сайфутдинов, А.С.Ибодуллаев и др.

Исходя из анализа существующих работ, при исследовании антифрикционных свойств машиностроительных КПП, а также при разработке технологии получения покрытий на их основе, работающих при взаимодействии с волокнистой массой, не учтены методы и установки с одновременным определением силы трения, заряда статического электричества и температуры в зоне трения. А также недостаточно изучено влияние получаемых необходимых параметров на установке, что ограничивает правильную обоснованность режимов работы рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, работающих в реальных условиях эксплуатации. Поэтому для оценки антифрикционных свойств машиностроительных КПП, работающих при взаимодействии с волокнистой массой, наряду с оценкой коэффициента трения, возникает необходимость изучения других влияющих факторов в зоне трения, отвечающих требованиям унифицирования методологии и совершенствования установки. Решению этой проблемы и посвящена настоящая диссертационная работа.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова в следующих проектах: Ф-4-2.8.1 «Исследование природы и закономерностей взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой (хлопком-сырцом)» (2000-2002 гг.); А-6-2012 «Разработка эффективных технологий получения стабилизированных композиционных покрытий на основе местного сырья и отходов производства» (2012-2014 гг.); А-12-95 «Разработка технологии получения антифрикционно-износостойких нанокompозитов на основе кристаллизирующиеся полимеров, взаимодействующих с волокнистой массой (хлопком-сырцом)» (2015-2017 гг.); ПЗ-20170927401 «Разработка импортозамещающих составов и технологии получения композиционных металлополимерных материалов с заранее заданными антифрикционно-износостойкими антистатически-

теплопроводящими свойствами для машиностроения, работающих при взаимодействии с металл-полимер-композит-волоконистыми материалами» (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является создание унифицированной методики и установки для определения антифрикционных свойств машиностроительных КПП и хлопкового волокна и на их основе разработка технологии получения КПП, работающих при контактном взаимодействии с волокнистой массой.

**Задачи исследований:**

исследование и выявление критерия оценки и схемы фрикционного взаимодействия для пары полимер-хлопок на основе комплексного анализа рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, работающих при взаимодействии с хлопком-сырцом;

исследование качественного и количественного влияния основных параметров установки - трибометра на процесс измерения коэффициента трения, плотность электростатического заряда и температуры, образующихся в зоне трения машиностроительных композиционных материалов с хлопком-сырцом;

исследование влияния режимов работы рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов и качественных показателей (влажности и засоренности) хлопка-сырца на количество изменения антифрикционно-электро-теплофизические характеристики машиностроительных КПП;

исследование плотности электростатического заряда и температуры, образующихся в зоне трения пары полимер-хлопок и их влияние на коэффициент трения машиностроительных КПП при их взаимодействии с хлопком-сырцом;

разработка унифицированной методики и усовершенствованной установки для изучения комплекса антифрикционно-электро-теплофизических свойств машиностроительных КПП и покрытий на их основе;

разработка научно-методических принципов получения и стадии технологического процесса производства покрытий на рабочей поверхности диска усовершенствованной установки - трибометра;

исследование и разработка оптимальных технологических режимов получения покрытий на рабочей поверхности диска усовершенствованной установки – трибометра с целью получения покрытий с высокими антифрикционно-износостойким и физико-механическими свойствами;

разработка государственного стандарта Узбекистана «Антифрикционные машиностроительные композиционные полимерные материалы и покрытия на их основе, взаимодействующие с волокнистой массой (хлопком-сырцом). Методы определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения».

**Объектами исследования** являются эпоксидная смола ЭД-16, полиэтиленполиамин (ПЭПА) и дибутилфталат (ДБФ), пентапласт,

полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полипропилен (ПП), дисперсный графит, железный порошок и стекловолокно. В качестве волокнистого материала - хлопковое волокно с влажностью 8-10%, засоренностью 3-25%. Подложкой для полимерного покрытия служила сталь марки Ст3.

**Предметом исследования** является изучение закономерности антифрикционных свойств КПМ с хлопком-сырцом и разработка на их основе унифицированной методики и усовершенствованной установки, а также технология получения КПМ.

**Методы исследования.** В диссертационной работе для определения антифрикционных свойств (коэффициента трения, температуры в зоне трения и электростатического заряда) при взаимодействии КПМ с хлопком-сырцом использовали дисковый трибометр.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработана унифицированная методика и усовершенствованная установка для определения антифрикционно-электро-теплофизических свойств машиностроительных КПМ, работающих при взаимодействии с волокнистой массой;

выявлен критерий оценки схемы фрикционного взаимодействия материалов с волокнистой массой, позволяющий разработать унифицированную методику и усовершенствованную установку для изучения коэффициента трения пары полимер-хлопок;

установлено, что при фрикционном взаимодействии в контактной зоне полимерных материалов и хлопка-сырца образуется электростатический заряд и температура, приводящие к увеличению коэффициента трения;

доказано, что введением в состав полимерных материалов углеграфитовых наполнителей можно успешно устранить или свести к минимуму образование электростатического заряда и температуры в композиции;

разработаны научно-методические принципы получения и стадии технологического процесса производства антифрикционно-износостойких композиционных полимерных покрытий на рабочей поверхности диска усовершенствованной установки трибометра и оптимальные технологические режимы их получения;

определены влияние рабочих режимов и параметров машин для переработки хлопка на антифрикционные свойства и разработана технология получения новых композиционных полимерных покрытий.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны методологические основы изучения антифрикционных свойств машиностроительных КПМ, работающих при взаимодействии с волокнистой массой;

создана универсальная установка для определения коэффициента трения, электростатического заряда и температуры при взаимодействии КПМ с хлопком-сырцом, позволяющая определить коэффициент трения в

контактной зоне в пределах  $f=0,01-0,50$ , плотности электростатического заряда  $q_c=0,10-1,2 \cdot 10^6$  Кл/м<sup>2</sup>, температуры в пределах  $T=273-350$ К.

**Достоверность полученных результатов** основывается применением физико-химических, физико-механических методов исследования. Результаты определения антифрикционных свойств при взаимодействии КПМ и хлопка-сырца обработаны математико-статическими методами, а также подтверждается разработанным государственным стандартом O'z DSt 3330: 2018 «Толали масса (пахта) билан ўзаро таъсир қилувчи антифрикцион машинасозлиқ композицион полимер материаллари. Ишқаланиш коэффициентлари, температура ва электростатик заряд миқдорини аниқлаш методлари».

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** **Научная значимость** результатов исследования обосновывается оценкой критериев антифрикционных свойств в процессе взаимодействия машиностроительных КПМ с хлопковым волокном согласно с молекулярно-механо-электрической теорией трения и созданием на основе разработанной методики и установки возможности имитации условий эксплуатации хлопкоперерабатывающих машин и образованием в зоне трения машиностроительных КПМ с хлопком-сырцом коэффициента трения, температуры в зоне трения и электростатического заряда.

**Практическая значимость** исследований заключается в создании государственного стандарта (O'z DSt 3330: 2018) для определения антифрикционных свойств при взаимодействии машиностроительных КПМ с хлопком-сырцом и разработанной усовершенствованной установкой дискового трибометра, результатами установления оптимальных параметров хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, а также созданием новых машиностроительных КПМ для нанесения на поверхность узлов трения.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по изучению комплексных антифрикционных свойств машиностроительных КПМ, работающих при взаимодействии с хлопком-сырцом:

со стороны государственного стандарта Узбекистана утвержден (O'z DSt 3330: 2018) метод определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения антифрикционных машиностроительных КПМ взаимодействующих с волокнистой массой (хлопок) (справка 1187/40 от 26 октября 2018 года государственное предприятие «Информационно-справочный центр» агентство «O'ZSTANDART»). В результате, на дисковом трибометре создана возможность одновременного определения коэффициента трения, температуры в зоне трения и трибоэлектрических зарядов при фрикционном взаимодействии машиностроительных КПМ с волокнистыми материалами;

разработанный дисковой трибометр (O'z DSt 3330:2018) внедрен в системе ОА «Paxtasanoat ilmiy markazi», в ООО «KB-KOMPOZIT», «KOMPOZIT NANOTEKNOLOGIYASI», «MEXANOKIMYO

TECHNOLOGIYA» (в соответствие), а также КПМ внедрены в рабочих органах машин и механизмов Пискентского хлопкоочистительного завода (справки 432 от 03.12.2018г.; 19 от 02.09.2018г.; 7 от 12.09.2018г.). В результате дана возможность повышения работоспособности хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, а также уменьшению электроэнергитечких затрат.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были опробованы на 14, в том числе, на 2 международных и 12 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликованы 23 научных трудов. Из них 8 статей в журналах Республики Узбекистан, включенных в список ВАК, рекомендованных для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 2 статьи в зарубежном и 6 статьи в республиканских журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты теоретические и практические значимости полученных результатов, приведены результаты внедрений разработок, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние существующих методов, приборов и установок для изучения антифрикционных материалов и особенности их при контактном взаимодействии с волокнистой массой»** приведен анализ литературных источников о состоянии современных теорий трения, методов, приборов и установок для исследования антифрикционных свойств материалов, особенности их при взаимодействии с хлопком-сырцом.

Из анализа обзора литературных источников установлено, что существующие методики и установки не обеспечивают одновременно с изучением коэффициента трения, и заряда статического электричества и температуры в зоне взаимодействия в системе полимер-хлопок, композит-хлопок и металл-хлопок, а также не учитывают влияние параметров установки и режимов работы рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин при изучении и разработке машиностроительных комплексных антифрикционных свойств КПМ, работающих при взаимодействии с

хлопком-сырцем. Данная диссертационная работа посвящена решению этих задач, что и определило цель настоящей диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Исследование и выявление критерия оценки и схемы фрикционного взаимодействия материалов с волокнистой массой и усовершенствования установки для изучения комплекса антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов**» изложены результаты исследований, проведенных согласно молекулярно–механо–электрической теории трения, обоснован выбор объектов исследований, выявлен критерий оценки и схемы взаимодействия системы полимер-хлопок, композит-хлопок и металл-хлопок применительно к разработке методики и установки для изучения комплексных антифрикционных электро-теплофизических свойств машиностроительных КПМ и покрытий.

Исследования в области разработки методики и усовершенствования установки были проведены в соответствии с молекулярно–механо–электрической теорией трения, предложенной академиком АН РУз С.С.Негматовым. Согласно молекулярно–механо–электрической теории трения, в системе трущихся пар полимер-хлопок, композит-хлопок и металл-хлопок (волокнистый материал) формула коэффициента трения имеет следующий вид:

$$f = \left( \frac{\tau_o}{G_s} \right) \rho^{-x} + \beta(1 + \lambda) + \frac{K\alpha K_1}{2} \left[ \sqrt{\frac{\Delta h}{r}} + \left( \frac{1}{K_1} - 1 \right) \frac{h}{d} \right].$$

где:  $\tau_o$  - сдвиговое сопротивление, Н/м<sup>2</sup>;  $G_s$  - постоянный коэффициент (Н/м<sup>2</sup>), зависящий от вида, физического состава и свойств хлопка-сырца и численно равный фактическому давлению на контакте при объемной массе, вдвое больше начальной;  $\rho^{-x}$  - коэффициент, характеризующий упруго-вязкое поведение контакта, зависящий от вида и физического состава хлопка-сырца, вида и геометрии поверхности материала;  $\beta$  - коэффициент упрочения молекулярной связи пьезокоэффициента;  $\lambda$  - параметр, учитывающий влияние электричества на молекулярную составляющую коэффициента трения. Величина  $\lambda$  прямо пропорциональна величине заряда электричества, образующегося в зоне контакта;  $K$  - коэффициент, зависящий от вида контакта;  $\alpha$  - эмпирический коэффициент;  $K_1$  - доля твердых веществ в хлопке-сырце, участвующих во взаимодействии с поверхностью полимерного материала;  $\Delta h$  - глубина внедрения твердых неровностей веществ хлопка-сырца в поверхность полимерного покрытия;  $r$  - радиус закругления вершин, образованных в результате взаимодействия хлопка-сырца и полимерного покрытия;  $h$  - глубина внедрения неровности поверхности;  $d$  - диаметр волокна хлопка.

Для проведения экспериментальных исследований, в первую очередь, рассматривали методику получения покрытия на поверхности металлического диска установки. После выбора компонентов были подготовлены композиции. Первая композиция подготовлена на основе терморезистивного полимера и нанесена на поверхность диска установки-

трибометра методом налива, а вторую композицию, подготовленную на основе термопластичных порошковых полимеров, наносили на поверхность диска в псевдожизненном слое вибровихревой установки, с оплавлением в электрической печи при заданной температуре и времени с последующей термической обработкой.

Следует отметить, что, используя особенности контактного взаимодействия полимерных материалов с хлопком-сырцом и в соответствии с молекулярно-механо-электрической теорией трения, были выбраны материалы и наполнители для разработки новых КПМ, позволяющие направленно изменять и регулировать их свойства, обеспечивая их соответствие требованиям, предъявляемым к композиционным полимерным материалам, работающим при взаимодействии с хлопком-сырцом для машин и механизмов хлопкоперерабатывающей промышленности.

На основе комплексного анализа условий работы основных трущихся частей рабочих органов машин и механизмов хлопкового комплекса, выбрана схема фрикционного взаимодействия тел для разработки методики определения антифрикционных характеристик взаимодействия КПМ с хлопком-сырцом. Теоретически обоснован выбранный метод и разработана принципиальная схема установки-трибометра с дисковым рабочим органом. Показано, что вращательное движение испытуемого образца в виде плоского диска обуславливает дезориентацию хлопковых волокон в контактной зоне за счет относительной разности линейной скорости по радиусу фрикционного взаимодействия, благодаря чему обеспечивается максимальная имитация условий - работы машин и механизмов, работающих при фрикционном взаимодействии с хлопком-сырцом. Выбор формы короба, с помощью которого осуществляется фрикционное взаимодействие волокнистой массы с испытуемым образцом и боковой поверхностью самого короба, позволил значительно повысить точность и достоверность экспериментальных результатов вследствие минимизации бокового давления о стенки короба.

Таким образом, разрабатываемая установка-трибометр должна отвечать следующим требованиям.

1. Установка для проведения испытаний должна, в первую очередь, обеспечивать:

- регулирование частоты вращения дискового образца с возможностью установления требуемой скорости скольжения в центре контактной площадки от 0,5 м/с до 10 м/с, определяемой методическими указаниями, с шагом 0,5 м/с, и погрешностью не более 5 % от установленного значения;

- ступенчатое регулирование давления  $P$  прижима волокнистой массы к подвижному образцу от 0,001 до максимального 0,05 МПа, определяемого согласно методического указания;

- измерение сил трения контактирующих поверхностей во всём диапазоне устанавливаемых скоростей скольжения и создаваемых давлений прижима;

- измерение температур в зоне трения от комнатной температуры до 150<sup>0</sup>С с погрешностью не более 5% от измеряемого значения;

- измерение величин электростатических зарядов испытуемого образца с допустимой основной погрешностью ±5 %.

2. Для минимизации разности линейных скоростей участков с граничными радиальными расстояниями, определяемыми диаметром короба, следует руководствоваться соотношением:

$$\frac{r}{d} \geq 3,$$

где:  $r$  - расстояние между осями диска и короба;  $d$  - диаметр короба.

3. Наиболее достоверные результаты обеспечиваются коробом, образующим минимальную площадь контакта 50 см<sup>2</sup>.

4. Зазор между коробом и поршнем должен быть не менее 0,1 мм и не более 1 мм.

5. Для предотвращения перекатывания волокнистой массы в процессе испытаний, дно поршня должно быть оснащено фиксаторами в виде рассредоточенных металлических штырей. Они же могут быть использованы в качестве электродов для съема остаточных электростатических зарядов путем их заземления.

6. Зазор между испытуемым образцом и коробом не должен превышать 2 мм, для исключения погрешностей измерений, вызванных заклиниванием семян хлопка-сырца в зазоре.

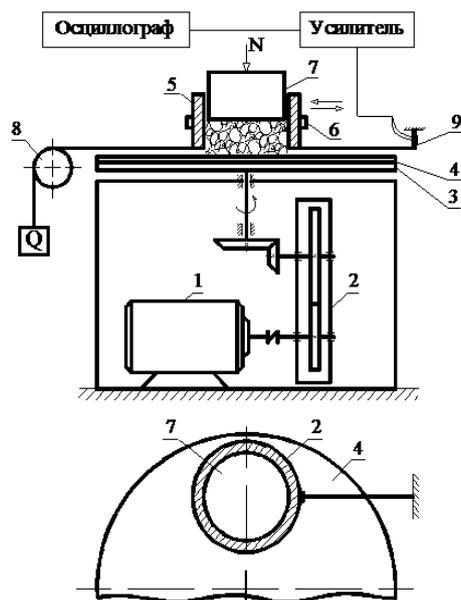
7. Образец и волокнистая масса должны быть электрически изолированы от станины трибометра, при этом сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

Принципиальная схема дискового трибометра для определения силы трения между конструкционным, полимерным и композитным материалом и хлопком-сырцом, температуры и величины заряда статического электричества в зоне трения приведена на рисунке 1.

Дисковый трибометр работает следующим образом. От электродвигателя 1 и редуктора 2 приводится в движение вертикальный вал с установленным на нем горизонтальным диском 3. На диске располагают образец 4 из испытуемого материала. Для предотвращения осевого и радиального биения вал диска установлен на двух радиальных и на одном упорном подшипнике. Цилиндрический короб 5, расположенный на восьми радиальных шарикоподшипниках 6, передвигается в продольном направлении. Применение радиальных шарикоподшипников уменьшает силу трения между боковыми стенками короба и направляющей рамой. Направляющая рама может при необходимости перемещаться вертикально. Внутри стенки имеется четыре вертикальных канала, заполненных шариками.

К коробу с двух сторон прикреплены тросики. Один из них переброшен через блок 8 и служит для тарировочного нагружения. Другой тросик также

соединен с коробом, а второй конец его - с измерительной балочкой 9, на которой наклеены тензометрические датчики.



- 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – диск; 4 – образец с полимерным покрытием или композиционным материалом; 5 – короб;  
6 – шарикоподшипник; 7 – поршень; 8 – блок; 9 – измерительная балочка

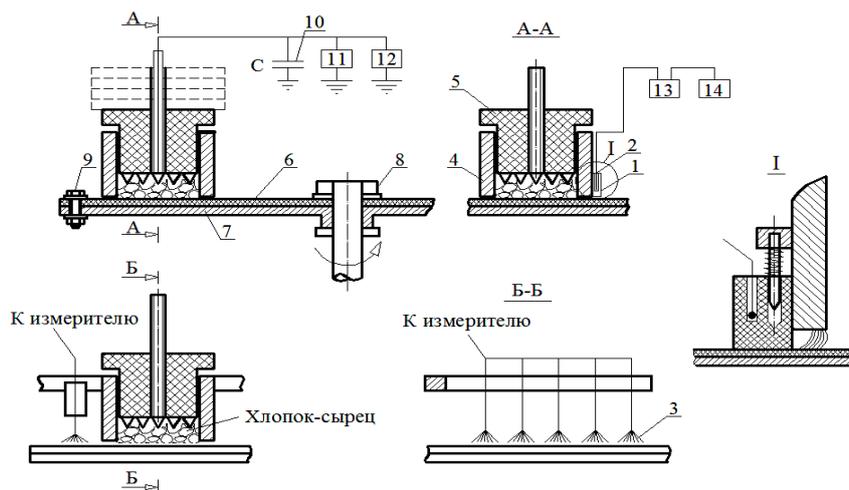
**Рис. 1. Принципиальная схема дискового трибометра**

В комплексе дискового трибометра для усиления метрических сигналов, получаемых от тензометрических датчиков, и их записи имеются усилитель УТ-4, осциллограф Н-700 и компьютер.

Внутри цилиндрического короба закладывается хлопок-сырец, а сверху - поршень с грузами. При вращении диска полимерное покрытие увлекает за собой цилиндрический короб с образцом хлопка-сырца и, тем самым, натягивает трос, который, в свою очередь, изгибает балку с тензометрических датчиков преобразуется в электрические колебания. Эти колебания усиливаются усилителем УТ-4 и сигналы записываются на осциллографе Н-700 (в нашем случае запись производилась на осциллографе) или на мониторе.

Температуру в зоне трения измеряли с помощью токосъемного устройства (рис. 2), принцип действия которого основан на изменении ЭДС в зависимости от температуры. На боковой поверхности цилиндрического короба установлены скользящие углеграфитовые электроды, внутри которых расположены стандартные хромель-копелевые термопары типа ТХК-150. Температуру определяли при помощи потенциометра типа ПП-63.

Для предотвращения утечки зарядов, образовавшихся в результате трения, отдельные детали и узлы трибометра изолировали фторопластовыми прокладками. Образующиеся заряды в зоне трения снимали при помощи электродов. Величины зарядов статического электричества и их плотности определяли, измеряя величину потенциала при помощи вольтметра С-50.



1-углеграфитовый электрод; 2-термопара; 3-металлическая щетка; 4-игольчатый электрод; 5-втулка изоляционная; 6-прокладка изоляционная; 7-диск; 8-образец с полимерным покрытием; 9-поршень; 10-добавочная емкость; 11-статический вольтметр; 12-измеритель ёмкости; 13-потенциометр; 14- термостат

**Рис. 2. Принципиальная схема измерения электростатического заряда и температуры в зоне трения**

Для получения более надёжных данных датчик установлен на определенном расстоянии от заряженной поверхности полимерного покрытия. Согласно O'zDSt: 3330: 2018 датчик представляет собой металлическую пластинку с игольчатыми электродами, погруженными в хлопок. Величина статического заряда с заряженной поверхности передается на датчик путем электростатической индукции и измеряется вольтметром. При этом опыты показали, что точность измерений величин зарядов при контактном и бесконтактном съеме зарядов практически одинакова. Датчик изолируется от корпуса установки фторопластовыми прокладками. Изоляция зоны трения с использованием высоких диэлектрических свойств фторопласта повышает точность измерения электростатических зарядов. Этому способствует также добавочная ёмкость в измерительной цепи.

По известной емкости системы и потенциалу, измеренному статическим вольтметром, величину заряда определяли по формуле:

$$Q = U(C_{вк} + C_c + C_{дк})$$

где:  $C_{вк}$  - емкость статического вольтметра;  $C_c$  - ёмкость трущейся пары;

$C_{дк}$  - ёмкость добавочного конденсатора;  $U$  - напряжение, измеренное статическим вольтметром.

Максимальный заряд статического электричества достигается при разном времени трения с хлопком-сырцом. В результате исследования кинетики образования зарядов статического электричества установлено, что время образования максимального заряда для всех полимерных материалов колеблется от 20 до 145 с. Поэтому во всех экспериментах

величину зарядов статического электричества измеряли через 180 с после начала опыта.

Результаты эксперимента обрабатывались методами математической статистики с использованием компьютерной техники.

В третьей главе диссертации «**Исследование и выбор оптимальных параметров установки-трибометра и режимов контактного взаимодействия пар полимер-хлопок для изучения комплексных антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов с хлопком-сырцом**» приведены данные экспериментальных результатов исследований выбора оптимальных параметров установки-трибометра и режимов контактного взаимодействия пар полимер-хлопок для определения методологической основы разработки метода и усовершенствования установки-трибометра для изучения антифрикционно-электротеплофизических свойств машиностроительных КППМ при их взаимодействии с хлопком-сырцом.

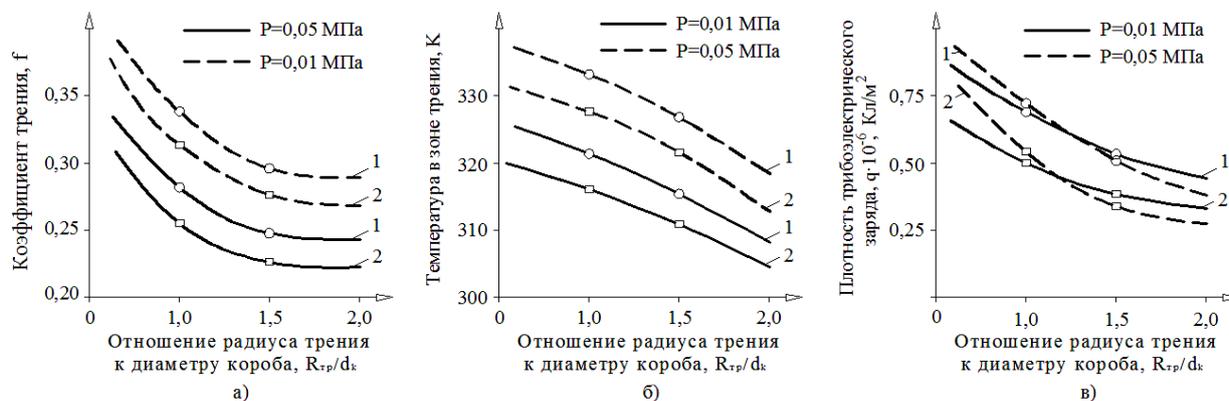
Показано, что антифрикционные свойства полимерных материалов, взаимодействующих с хлопком, зависят от таких основных параметров процесса взаимодействия, как скорость скольжения и давление в контакте, и от номинальной и фактической площади контакта. Так как эти факторы по-разному проявляются в работе той или иной машины, то регулированием параметров установки и условия проведения опыта максимально можно имитировать работу каждой машины.

К ним относятся радиус измерения трения ( $R_{mp}$ ), от которого зависит величина фактической площади контакта, внутренний диаметр короба ( $d_k$ ), влияющий на насыпную плотность массы при заданной высоте массы хлопка в коробе, высота боковой стенки короба ( $h_k$ ), регулирующая степень участия в процессе трения влияния давления массы хлопка на стенки короба, а также скорость вращения диска и величина груза, давящего на хлопок. Кроме того, следуя обратным путем можно вначале определить минимальные значения коэффициента трения, температуру в зоне трения, плотность электрического заряда при соответствующих режимах работы и параметрах трибометра и задавать условия для рабочих органов машин - скорость, нагрузку и влажность хлопка.

На рисунке 3 представлена зависимость  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{mp}$  от  $R_{mp}/d_k$  при различных значениях давления ( $P$ ) и скорости скольжения ( $V$ ) при фрикционном взаимодействии композиционных материалов эпоксидных композитов с хлопком-сырцом.

Результаты исследований показали, что наиболее стабильные значения  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{mp}$  наблюдаются при значениях  $R_{mp}/d_k \geq 3$ , а при снижении  $R_{mp}/d_k$  до значения 0,75 антифрикционные характеристики  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{mp}$  достигают максимальных значений. Такой характер изменения  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{mp}$  от  $R_{mp}/d_k$  объясняется возрастанием относительной разности линейной скорости скольжения элементарных площадок фрикционного контакта по радиусу трения, в результате чего происходит сильная дезориентация волокон в

контактной зоне и рост силы фрикционного взаимодействия, приводящий к интенсификации образования и накопления  $\sigma$ . Причем при изменении давления и скорости возрастает плотность электростатических зарядов вследствие увеличения как фактической площади контакта, так и частоты взаимодействия полимера с хлопком. Одновременно с образованием электростатических зарядов протекают микроразрядные процессы, которые приводят к возрастанию температуры в зоне фрикционного взаимодействия.



1-при  $V=6$  м/с; 2-при  $V=1$  м/с

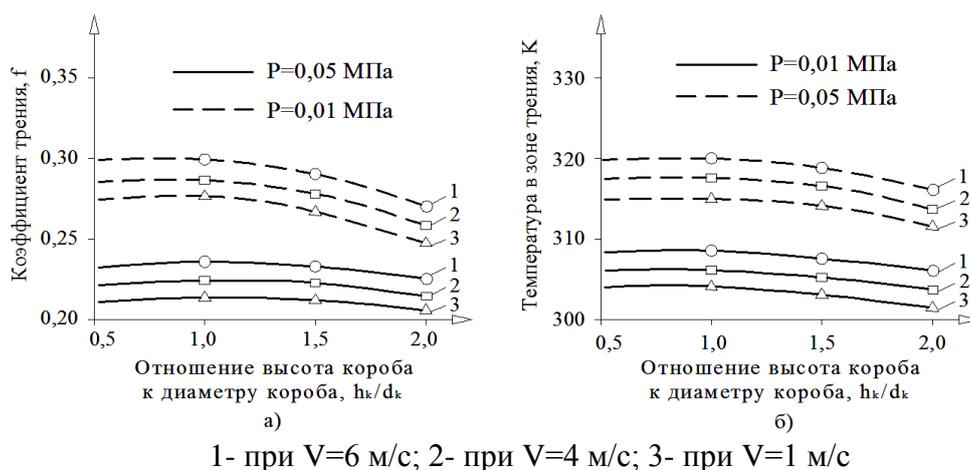
**Рис. 3. Зависимость коэффициента трения (а), температуры в зоне трения (б) и плотности электрического заряда (в) от  $R_{тр}/d_k$  при взаимодействии эпоксидного композита с хлопком**

В работе показано, что такие параметры устройства как  $d_k$  и  $h_k$  также неоднозначно влияют на антифрикционные характеристики взаимодействия полимерных материалов с хлопком. Так изменение существенно влияет на  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{тр}$  (рис. 4). Значение  $\sigma$  при увеличении  $h_k$  остается постоянным, так как измерительные электроды постоянно находятся в массе хлопка вблизи поверхности полимерного материала, вследствие чего емкость зоны взаимодействия и измерительной системы остается практически постоянной. Учитывая вышеизложенное, рассматривалось влияние на качество измерения не отдельных параметров  $h_k$  и  $d_k$ , а безразмерная величина их отношения.

Анализ проведенных исследований показал (рис. 4), что существенное влияние этих параметров наблюдается при  $h_k/d_k \geq 2$ . При меньших значениях  $h_k/d_k = 0,5 \div 1,5$  боковое давление практически не влияет на результат измерения антифрикционных свойств полимерных материалов с хлопком. Кроме того, показано, что  $d_k$  не может быть менее  $20 \pm 2$  мм, так как контакт между полимером и хлопком становится чрезвычайно жестким, чрезмерно увеличивается площадь фактического контакта, и условия фрикционного взаимодействия становятся близкими к условиям взаимодействия полимеров с опущенными семенами хлопка.

Качественные показатели хлопка (влажность и засоренность) существенного влияния на общую закономерность изменения  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{тр}$  в зависимости от  $P$ ,  $V$  и параметров трибометра не оказывают, но значительно влияют на абсолютную величину  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{тр}$  в зоне трения вследствие

изменения объемных вязкоупругих свойств волокнистой массы и соответственно фактической площади контакта.



1- при  $V=6$  м/с; 2- при  $V=4$  м/с; 3- при  $V=1$  м/с  
**Рис. 4. Зависимость коэффициента трения (а) и температуры в зоне трения (б) от  $h_k/d_k$  при взаимодействии эпоксидного композита с хлопком**

Увеличение засоренности до 20-25% приводит к пропорциональному снижению величины  $f$ ,  $\sigma$  и  $T_{mp}$ , а увеличение влажности до 30-40% значительно увеличивают  $f$ , несмотря на снижение  $\sigma$  и  $T_{mp}$ , что связано с увеличением цепкости волокнистой массы за счет усиления межмолекулярного взаимодействия на фактических площадях контакта и роста контактов за счет набухания волокон адсорбированной влагой.

Таким образом, результаты исследований по данной главе работы позволили оптимизировать параметры установки-трибометра:

-максимальный диаметр дискового образца 300 мм; диаметр короба 80 мм; высота короба 80 мм.

При этом учитывались технико-экономические аспекты, связанные с технологией изготовления установки, а также расходы материальных и энергетических средств при ее эксплуатации.

На основе разработанного метода и усовершенствованного устройства, а также результатов исследований процессов взаимодействия КПМ с хлопком разработаны рекомендации (табл.1) по определению антифрикционных характеристик машиностроительных КПМ для конкретного рабочего органа хлопкоперерабатывающих машин и механизмов в оптимальных их режимах испытания.

В четвертой главе «Технологические и прикладные аспекты методики и установки изучения антифрикционных свойств машиностроительных композиционных полимерных материалов и технологии получения покрытий на их основе взаимодействующих с волокнистой массой» приведены результаты разработки технологии получения машиностроительных КПМ и покрытий на поверхности диска установки-трибометра, работающих при контактном взаимодействии с

хлопком-сырцом и прикладные аспекты методики определения антифрикционных свойств взаимодействующих КПМ с волокнистой массой.

**Таблица 1**

**Рекомендуемые значения параметров установки-трибометра и режимов испытания при определении антифрикционных средств КПМ для рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов**

Виды машин и механизмов	Параметры трибометра*		Режим трения		Качественные показатели хлопка	
	$R_{mp}/d_k$	$h_k/d_k$	P, МПа	V, м/с	Z, %	W, %
Винтовые конвейеры (транспортеры)	0,75÷1,5	0,5÷1,0	0,005÷0,01	1÷5	5÷25	10÷30
Распределители и очистители от крупного и мелкого сора	1÷1,5	0,5÷1,0	0,01÷0,02	1÷5	5÷25	10÷30
Колковые машины	3÷5	1,0÷2,0	0,01÷0,05	6÷8	5÷25	10÷50
Пыльные и валочные джины	3÷5	1,0÷2,0	0,03÷0,07	8÷10	1÷5	8÷15

\*Примечание: шероховатость рабочей поверхности исследуемого материала должна соответствовать условию:  $R_{mp} \leq 0,4d_k$  (средний диаметр хлопкового волокна), Z - засоренность; W - влажность

Создана модульная технологическая линия на производственной базе Специального конструкторского бюро ООО «КВ-КОМПОЗИТ» для получения антифрикционных КПМ и покрытий из них на основе разработанных научно-методических принципов.

В таблице 2 приведены значения исследований оптимальных и рекомендуемых технологических режимов нанесения на поверхности металлического диска усовершенствованного трибометра порошкообразных термопластичных полимеров и композиций на их основе. Из таблицы видно, что для каждого полимера и композита на их основе имеются свои конкретные температурные и временные режимы.

На основе исследований разработан государственный стандарт Узбекистана O'zDSt 3330:2018 «Обеспечение антифрикционных свойств машиностроительных материалов. Метод определения комплексных антифрикционных свойств машиностроительных КПМ и покрытий на их основе, взаимодействующих с волокнистой массой (хлопком-сырцом)», который позволяет не только унифицировать метод исследования и оценить эффективность новых материалов, но и открывает широкие возможности для создания банка стандартных справочных данных по антифрикционным свойствам КПМ, взаимодействующих с хлопком-сырцом.

Таблица 2

**Оптимальные и рекомендуемые температурно-временные технологические режимы для получения покрытий на поверхности диска усовершенствованного трибометра из термопластичных полимеров и композиций на их основе**

Вид полимеров	Температура предварительного нагрева диска, °С		Время пребывания металлического диска в псевдожизненном слое, с		Температура термической обработки нанесенного покрытия на поверхность диска, °С		Время термической обработки покрытия нанесенного на поверхность диска, с	
	для полимера	для композита	для полимера	для композита	для полимера	для композита	для полимера	для композита
Полиэтилен высокой плотности	230-235	240-250	3-5	6-10	175-185	190-200	2-3	4-5
Полипропилен	240-250	260-270	3-5	6-10	180-190	195-205	3-4	5-6
Полиамид ПА-68	260-270	280-300	3-8	10-18	220-230	240-250	2-3	3-4
Пентапласт	270-280	300-320	5-15	16-25	250-260	265-275	10-14	15-20

Примечание: композит состоит из 100 мас.ч. термопластичного полимера и 5 мас.ч. сажи

Разработанная методика и установка прошли широкую апробацию. Метод и приборы используются в ООО «КВ-КОМПОЗИТ», ООО «МЕХАНОКИМЬО ТЕХНОЛОГИЯ» и ООО «КОМПОЗИТ NANOTEХНОЛОГИЯСИ» при исследовании и разработки КПМ с заданными антифрикционными свойствами при выборе наиболее эффективных машиностроительных КПМ для рабочих органов машин и механизмов хлопкового комплекса. Кроме того, методика прошла широкую апробацию на стадии разработки государственного стандарта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа результатов теоретических исследований и условий эксплуатации рабочих органов машин и механизмов по характеру их взаимодействия с хлопком-сырцом и степени повреждаемости последнего, найдены основные критерии и рекомендована единая методика и усовершенствованная установка - дисковый трибометр для определения антифрикционных характеристик взаимодействия различных поверхностей с хлопком-сырцом.

2. Теоретически и экспериментально обоснована принципиальная схема антифрикционного взаимодействия полимерных материалов с хлопком, где исследуемый полимерный материал представлен в виде плоского диска, вращающегося в горизонтальной плоскости, на поверхности которого по нормали предложено при помощи поршня вдавливать хлопок в бездонном

коробе, имеющем цилиндрическую боковую поверхность, обеспечивающую минимальное боковое давление. Разработанная схема антифрикционного взаимодействия позволяет максимально имитировать условия работы рабочих органов реальных машин.

3. Установлено, что на результаты измерения антифрикционных свойств машиностроительных КПМ при взаимодействии с хлопком-сырцом существенное и неоднозначное влияние оказывают такие геометрические параметры установки-трибометра, как средний радиус трения, диаметр и высота цилиндрического короба. Причем для оптимизации параметров установки-трибометра, а также получения стабильных и однозначных результатов рекомендовано использовать безразмерные величины –  $R_{mp}/d_k$  и  $h_k/d_k$ .

4. Показано, что с уменьшением отношения радиуса трения к диаметру короба значение антифрикционных свойств образца повышается, что связано с дезориентацией хлопковых волокон в контактной зоне и ростом частоты фрикционного взаимодействия на всей площади фактического контакта. Установлено, что влияние бокового давления на хлопок в цилиндрическом коробе можно значительно уменьшить выбором оптимального отношения  $h_k$  к  $d_k$ .

5. Разработаны научно-методические принципы технологии получения и модульная технологическая линия для нанесения антифрикционных покрытий на рабочей поверхности диска установки-трибометра из КПМ, работающих при взаимодействии с волокнистой массой (хлопком-сырцом) с целью определения оптимальных параметров устройства и разработки методических принципов изучения свойств антифрикционных материала, а также для определения оптимальных технологических режимов нанесения полимерных и композитных покрытий на поверхность диска усовершенствованного трибометра.

6. Разработаны оптимальные технологические режимы получения покрытий на поверхности металлического диска усовершенствованного трибометра, как из термореактивных композитов, так и из термопластичных полимеров и композиций на их основе. Установлено, что для каждого конкретного полимера и композиций на их основе имеются свои температурно-временные технологические режимы. Температура и время термической обработки нанесенного покрытия составляет 230-235<sup>0</sup>С, 3-5 с и 175-185<sup>0</sup>С, 2-3 с, соответственно. А для полиэтиленовых композиций составляет 240-250<sup>0</sup>С, 6-10 с и 190-200<sup>0</sup>С, 4-5 с, соответственно.

7. Выбор нужных антифрикционно-электро-тепло-физических свойств машиностроительных КПМ рекомендовано осуществлять по разработанному нами O'zDSt 3330: 2018 «Антифрикционные машиностроительные композиционные полимерные материалы и покрытия на их основе, взаимодействующие с волокнистой массой (хлопком-сырцом). Методы определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения».

8. Разработанный государственный стандарт Узбекистана O'z DSt 3330: 2018 и усовершенствованная установка - дисковый трибومتر изготовлены и апробированы в специальном конструкторском бюро ООО «КВ-КОМПОЗИТ» и внедрены в научно-технологических центрах ООО «КОМПОЗИТ NANOTEKNOLOGIYASI», ООО «МЕХАНОКИМЬО ТЕХНОЛОГИYA»

9. Результаты исследования рекомендованы для широкого использования при создании банка стандартных справочных данных по антифрикционным свойствам машиностроительных конструкционных материалов и покрытий при их взаимодействии с хлопком сырцом, применяемых в рабочих органах машин и механизмов хлопкового комплекса.

10. Проведены опытно-производственные испытания и внедрены разработанные антифрикционно-износостойкие композиционные полимерные покрытия в Пискентском хлопкоочистительном заводе. Экономическая эффективность от их применения в деталях рабочих органах машин и механизмов в Пискентском хлопкоочистительном заводе составила 154 млн. сум год (октябрь 2018 г.)

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV  
SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.27.06.2017.K/T.03.01 AT STATE UNITARY ENTERPRISE  
«FAN VA TARAKKIYOT»**

---

**STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»  
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**ESHKOBILOV OLIM KHOLIKULOVICH**

**DEVELOPMENT OF METHODS AND INSTALLATIONS FOR THE  
STUDY OF ANTIFRICTION PROPERTIES OF ENGINEERING  
POLYMER MATERIALS AND TECHNOLOGY OF OBTAINING  
COATINGS BASED ON THEM WORKING WHEN YOU INTERACT  
WITH A FIBROUS MASS (FOR EXAMPLE, RAW COTTON)**

**02.00.07 – Chemistry and technology of composite, paint and varnish and  
rubber materials**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry production.  
Heat treatment and handling of metals pressure. Metallurgy of  
ferrous, non-ferrous and rare metals (materials science and  
metallurgy sciences)**

**DISSERTATION OF ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2018**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4PhD/T851**

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov at State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot».

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and Educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisor:**

**Negmatov Soibjan Sodikovich**

Academician of the academy of sciences,  
Honored worker of science of the Republic of  
Uzbekistan, doctor of technical sciences, professor

**Abed Nodira Soibjanovna**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Mikhridinov Riskidin**

doctor of technical sciences, professor

**Soliyev Rustam Khakimdjaniyevich**

doctor of technical sciences

**Leading organization:**

Andijan machine building institute

The defense will take place «\_\_\_» december 2018y. at \_\_\_\_<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council No.DSc.27.06.2017.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28/(+99871) 227-12-73, e-mail: [gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under No.7). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28 / (+99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «\_\_\_\_\_» december 2018 y.  
(mailing report No. 7 on «6» december 2018 y.).

**A.V. Umarov**

Chairman of the scientific council  
decemberawarding scientific degrees doctor  
of technological sciences, professor

**M.G. Babaxanova**

Scientific secretary of the scientific  
council awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, s.r.a.

**N. Talipov**

Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific  
degrees, doctor of technical sciences, s.r.a

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work.** The aim of the study is to develop a unified methodology and improve the installation for the study of antifriction-electro-thermal properties of engineering composite polymer materials (CPM) and technology for producing coatings based on them, working in contact with the fibrous mass.

**The object of the research work:** The object of the research work. The objects of study are epoxy resin, for curing and plasticizing used polyethylene polyamine and dibutyl phthalate, Pentaplast, high density polyethylene and polypropylene. As fillers in polymer introduced, mostly dispersed graphite and iron powder, glass fiber. As a fibrous material used raw cotton grade I grade C-6524, manual collection with a moisture content of 8-10% and contamination of 3-25%. The substrate for the polymer coating used steel grade CТ3.

### **Scientific novelty of the research work:**

developed a unified methodology and an advanced setting to define a friction-electro-thermophysical properties of the PCM of engineering, working in interaction with the fibrous mass;

the criterion of evaluation of the scheme of frictional interaction of materials with fibrous mass, allowing to develop a unified methodology and an improved installation for the study of the friction coefficient of the polymer-cotton pair, is revealed;

it was found that the friction interaction in the contact zone of polymer materials and raw cotton formed electrostatic charge and temperature, leading to an increase in the coefficient of friction;

it is proved that the introduction of carbon graphite fillers into the polymer materials can successfully eliminate or minimize the formation of electrostatic charge and temperature in the composition;

scientific and methodical principles of production and stages of technological process of production of antifriction-wear-resistant composite polymer coatings on the working surface of the disk of the improved installation of the tribometer and optimal technological modes of their production are developed;

the influence of operating modes and parameters of machines for cotton processing on antifriction properties is determined and the technology of producing new composite polymer coatings is developed.

### **Implementation of the research results:**

on the basis of the obtained scientific results on the study of complex anti-friction properties of machine-building CPM, working in interaction with raw cotton:

with other areas of the State Standard of Uzbekistan has been approved (O'z DSt 3330:2018) at methods of determining the coefficient of friction, temperature and the magnitude of the electrostatic charge in the friction zone friction engineering of the PCM interacting with a fibrous mass (cotton) (help 1187/40 October 26, 20182018y. the state enterprise "Information resource centre" Agency "O ZSTANDART"). As a result, the ability to simultaneously determine the

coefficient of friction, temperature in the friction zone and triboelectric charges in the friction interaction of engineering CPM with fibrous materials is created on the disk tribometer;

developed disk tribometer (O'z DSt 3330:2018) embedded in the system OA "Paxtasanoat ilmiy markazi", OOO "KB-KOMPOZIT", "KOMPOZIT NANOTEKNOLOGIYASI", "MEXANOKIMYO TEKNOLOGIYA" (in line), and the PCM is embedded in the working bodies of machines and mechanisms Pisemskogo the cotton plant (reference 432 from 03.12.2018y.; 19 from 02.09.2018y.; 7 from 12.09.20182018y.). As a result of this opportunity povyshenie health khlopkopryadilnaya of machines and mechanisms, as well as a decrease elektroenergetskih costs.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I бўлим (I часть; I part)**

1. Sayibjan Negmatov, Olim Eshkobilov , Nodira Abed, Komila Negmatova, Giys Gulamov, Shuhrat Bozorboev, Sherzod Eminov, Muhiba Babahanova, Vasila Tulaganova / Development of the method and device for studying the complex antifriction properties of composite polymer materials during interaction with fibrous mass (raw cotton) // Materials Sciences and Applications, 2018, 11, 1031-1036 pp (05.00.00; №24).

2. Sayibjan Negmatov, Olim Eshkobilov , Nodira Abed, Komila Negmatova, Giys Gulamov, Shuhrat Bozorboev, Sherzod Eminov, Muhiba Babahanova, Vasila Tulaganova/ Theoretical basics of contact interaction of machinery antifriction composite polymer materials with fibrous mass (raw cotton), // Advanced Materials Research, 2018, 156-161 pp. (Switzerland) (02.00.00; №1).

3. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Эшкабилов О.Х. О проблеме разработки методологических основ способа по изучению свойств антифрикционно-износостойких антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных материалов, работающих в условиях взаимодействия с волокнистой массой // Композиционные материалы. –Ташкент, 2018. – № 1. – С. 67-68 (05.00.00; №13).

4. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Эшкабилов О.Х. Толали массалар билан таъсир килиш шароитида ишловчи антифрикцион-ейилишбардош антистатик иссиқлик ўтказувчи композицион полимер материалларнинг хоссаларини ўрганиш усулнинг методологик асосларини ишлаб чиқиш муаммоси // Композиционные материалы. –Ташкент, 2018. – № 1. – С. 88-89 (05.00.00; №13).

5. Негматов С.С., Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Тухташева М.Н. Методы изучения триботехнических свойств антифрикционно-износостойких антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных материалов с волокнистой массой // Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. – № 1. – С. 61-65 (05.00.00; №13).

6. Негматов С.С., Гулямов Г., Абед Н.С., Тухташева М.Н, Эшкабилов О.Х. Расчет деформации и возникающих напряжений в измерительной балочке дискового трибометра для определения триботехнических характеристик композиционных полимерных материалов с волокнистой массой // Композиционные материалы. –Ташкент, 2018. – № 2. – С. 96-100 (05.00.00; №13).

7. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Исследование закономерности влияния углеграфитовых наполнителей на антифрикционные свойства конструкционных композиционных полимерных материалов // Композиционные материалы. –Ташкент, 2018. – № 2. – С. 38-40 (02.00.00; №4).

8. Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Разработка и усовершенствование устройства для изучения свойств

машиностроительных антифрикционно-износостойких антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных материалов, работающих в условиях массы // Композиционные материалы. –Ташкент, 2018. – № 2. – С. 117-118 (05.00.00; №13).

### **II бўлим (II часть; II part)**

9. O'z DSt 3330: 2018 «Антифрикционные машиностроительные композиционные полимерные материалы и покрытия на их основе, взаимодействующие с волокнистой массой (хлопком-сырцом). Методы определения коэффициента трения, температуры и величины электростатического заряда в зоне трения». Негматов С.С., Абед Н.С., Гулямов Г., Эшкабилов О.Х. и др.

10. Абед Н.С., Гулямов Г., Бозорбоев Ш.А., Эминов Ш.О., Эшкабилов О.Х. Исследование влияния размера частиц наполнителей на антифрикционные свойства антистатически теплопроводящих композиционных полимерных материалов // Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф. – Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2018. – С. 69-70.

11. Негматова К.С., Гулямов Г., Абед Н.С., Эшкабилов О.Х., Эминов Ш.О., Икрамов Н.А. Выбор полимеров для разработки и исследования антифрикционные свойства антистатически теплопроводящих композиционных материалов // Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф. –Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2018. – С. 70-72.

12. Абед Н.С., Негматов С.С., Гулямов Г., Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Влияние углеграфитовых наполнителей на физико-механические свойства полимерных материалов // Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф. – Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2018. – С. 74-76.

13. Негматов С.С., Гулямов Г., Абед Н.С., Тухташева М.Н. Бозорбоев Ш.А., Эшкабилов О.Х. Исследование влияния минеральных наполнителей на физико-механические свойства полимерных материалов // Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф. –Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2018. – С.76-78.

14. Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С., Тухташева М.Н., Исследование влияния волокнистых наполнителей на физико-механические свойства полимерных материалов // Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф.–Ташкент: ГУП «Фан ва тараққиёт», 2018. – С. 78-80.

15. Тухташева М.Н., Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Эшкабилов О.Х. Антифрикционно-износостойкие антистатически-теплопроводящие

композицион-ные полимерные материалы на основе полиолефинов, работающих в условиях взаимодействия с волокнистой массой // Ўзбекистоннинг иқтисодий ривожланишида кимёнинг ўрни: Матер. Респуб. научно-практ. конф. – Самарканд: СамДУ, 2018. – С. 64-67.

16. Эшкабилов О.Х., Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Исследование физико-химического механизма взаимодействия компонентов антистатически-теплопроводящих полипропиленовых композиционных материалов // Ўзбекистоннинг иқтисодий ривожланишида кимёнинг ўрни: Матер. Респуб. научно-практ. конф. – Самарканд: СамДУ, 2018. – С. 67-70.

17. Бозорбоев Ш.А., Тухташева М.Н., Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С., Эшкабилов О.Х. Исследование влияния порошковых металлических наполнителей на физико-механические свойства полимерных материалов // Новые композиционные и нанокоспозиционные материалы: структура, свойства и применение: Матер. Респуб. научно-техн. конф. (5-6 апреля 2018г.). –Ташкент: ГУП «Фан ва тараққийёт», 2018. – С. 80-81.

18. Абед Н.С., Гулямов Г., Эшкабилов О.Х. Композиты на основе функциональных термопластичных полимерных систем // Сб. тез. Современные проблемы науки о полимерах»: Узбекско-Казахского Симпозиума. – Ташкент: ИХФП АН РУз, 2018. – С 90-92.

19. Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С. Устанвка для определения антифрикционных свойств композиционных полимерных материалов // Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энергосбережения: Матер. Междун. научно-практ. конф. - Андижан: АндМИ, 2018. -С.48-52.

20. Эшкабилов О.Х., Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С. Прибор для определения коэффициента трения машиностроительных материалов // Перспективы инновационного развития горно- металлургического комплекса: Тезисы докладов: Междун. научно-техн. конф. -Навои: НГГИ, 2018. -С. 304-305.

21. Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С., Тухташева М.Н., Эшкабилов О.Х. Особенности механизма химического взаимодействия полимеров с углеграфитовыми наполнителями // Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса: Тезисы докладов: Междун. научно-техн. конф. -Навои: НГГИ, 2018. -С. 222-223.

22. Эшкабилов О.Х., Тухташева М.Н., Гулямов Г., Абед Н.С. Оценка фрикционных свойств антистатически-теплопроводящих композиционных полимерных материалов при взаимодействии с хлопком сырцом // Интеграция дисциплины образования - науки и производства: Матер. Междун. научно-техн. конф. (1 декабря 2018 г.) -Ташкент, 2018. -С. 39-41.

23. Эшкабилов О.Х., Гулямов Г., Абед Н.С. Методы исследования коэффициента трения износа композиционных полимерных материалов на основе полиолефинов // Интеграция дисциплины образования - науки и производства: Матер. Междун. научно-техн. конф. (1 декабря 2018 г.) -Ташкент, 2018. -С. 41-44.

**Автореферат матни «Композицион материаллар»**

журналида таҳрир қилинди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. “Times New Roman” гарнитура рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма №44.

“Тошкент кимё-технология институти” босмахонасида чоп этилди.  
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.