

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013 Т/ФМ.02.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЗИЯМУХАМЕДОВА УМИДА АЛИЖОНОВНА

**КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР ҚОПЛАМАЛАРНИНГ ПАХТА БИЛАН
ЎЗARO ТАЪСИРЛАШУВИДА СТРУКТУРАВИЙ МОСЛАШУВИНИНГ
ЎЗИГА ХОС ЖИҲАТЛАРИ ВА УЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш.
Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент-2015

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Зиямухамедова Умида Алижонова

Композицион полимер қопламаларнинг пахта билан ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашувининг ўзига хос жиҳатлари ва уларни олиш технологияси..... 3

Зиямухамедова Умида Алижонова

Особенности структурной приспособляемости композиционных полимерных покрытий при взаимодействии их с хлопком и технология их получения..... 31

Ziyamukhamedova Umida Alijonovna

Structural features of adaptability of composite polymer coatings by their reacting with cotton and technology..... 61

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 86

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013 Т/ФМ.02.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЗИЯМУХАМЕДОВА УМИДА АЛИЖОНОВА

**КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР ҚОПЛАМАЛАРНИНГ ПАХТА БИЛАН
ЎЗARO ТАЪСИРЛАШУВИДА СТРУКТУРАВИЙ МОСЛАШУВИНИНГ
ЎЗИГА ХОСЖИХАТЛАРИ ВА УЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш.
Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент-2015

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.5.Т311 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК илмий-тадқиқот лабораториялари ва Нефть ва газ факультетининг «Нефть ва газни қайта ишлаш технологияси» кафедрасида бажарилган.

Докторлик диссертациясининг тўлиқ матни Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 16.07.2013.Т/FM.02.02 рақамли фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш веб-саҳифасида www.tdtu.uz/tadqiqitchi/dis_matn.htm манзилига жойлаштирилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) веб-саҳифада www.tdtu.uz/tadqiqitchi/avr_matn.htm манзилига ва «ZIYONET» Ахборот-таълим порталида www.ziyonet.uz манзилига жойлаштирилган.

Расмий

оппонентлар:

Михридинов Рискидин Михридинович
техника фанлари доктори, профессор

Ахмедходжаев Хамид Турсунович
техника фанлари доктори, профессор

Рискулов Алимжон Ахмаджонович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи

ташкilot:

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 16.07.2013.Т/FM.02.02 рақамли илмий кенгашнинг «14» март 2015 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел./факс: (99871)227-10-32, e-mail: tadqiqitchi@tdtu.uz).

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс маркази (АРМ)да 5 рақам билан рўйхатга олинган, диссертация билан АРМда танишиш мумкин. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел./факс: (99871)246-46-00.

Диссертация автореферати 2015йил 12 февралда тарқатилди.
(2015 йил 10 февралдаги № 04 рақамли реестр баённомаси).

К.А.Каримов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш раиси т.ф.д., профессор

Н.Дж.Тураходжаев

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш илмий котиби т.ф.н., доцент

Р.М.Михридинов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси т.ф.д., профессор

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АННОТАЦИЯСИ

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Замоनावий техника, машина ва механизмлар, шу жумладан пахта саноатида қўлланиладиган технологик жиҳозлар талаб қилинган ишчанлик ва эксплуатацион ишончлиликлка эга бўлиши керак. Шу боис пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозларининг эксплуатацион ишончилигини таъминлашда уларнинг конструкцияларини такомиллаштириш билан бир қаторда юқори самарали янги композит полимер материалларни мақсадли қўллаш ечими кутилаётган долзарб инновацион илмий-техник муаммолар жумласидан ҳисобланади.

Маълумки, анъанавий қўлланилиб келаётган металл материаллар ишчи сиртларида ўткир чўққили технологик нотекислик ва субмикронотекисликлар мавжуд бўлиб, улар трибомослашув жараёнида пахта толасининг механик жароҳатланишини жадаллаштириши билан бирга юқори гидрофиллилик хусусияти туфайли нисбатан кўп ишқаланиш кучи ҳосил қилиб, машина ва механизмлар иш унумдорлигининг камайиши ва уларнинг энергия истеъмоли ошишига олиб келади. Шунинг учун технологик машина ва механизмларнинг ишчи сиртларида самарали композит полимер материаллар ва улар асосида олинган қопламаларни мақсадли қўллаш билан технологик жиҳозлар ишончилигини таъминлаш, иш унумдорлиги ва энергия тежамкорлигини ошириш ҳамда пахтанинг механик жароҳатланишини камайтириш эвазига унинг табиий сифатини сақлаш долзарб масала ҳисобланади.

Қайд этилган муаммо ечимлари юқори самарали композит полимер материаллари ва улар асосидаги қопламаларни катта габаритли технологик жиҳозлар ишчи сиртларида шакллантиришнинг янги энергия ва ресурс тежамкор технологияларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ.

Машинасозлик материалларининг пахта билан ўзаро фрикцион таъсирланишувининг бугунги кунда етарлича эътибор берилмаётган ўзига хос жиҳатларидан бири бўлган структуравий мослашув жараёнини фундаментал тадқиқотлаш «пахта-композит полимер» трибосистемасида материалшуносликни янада ривожлантиришнинг истиқболлини белгилайди. Композит полимер материаллар ва улар асосида олинган қопламаларнинг микро- ва субмикронотекисликлари юқори эластиклиги пахта билан нисбатан кам ишқаланиш кучи ҳосил қилиб, механик жароҳатланишни етарли даражада камайтириш имконини беради. Бунда тўлдирувчи заррачаларининг табиати, структуравий таркиби ва ўлчамларини ҳисобга олиб, уларни активацион-гелиотехнология усули орқали полимер-матрица билан наноконкомплекс боғланишли структура ташкил этишда технологик факторлар таъсирини сон ва сифат жиҳатдан аниқлаш бўйича тадқиқотларни амалга ошириш зарурдир.

Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг «2007-2011 йилларда пахта тозалаш саноати корхоналарини модернизация ва реконструкция қилиш

дастури тўғрисида» 2007 йил 3 апрелдаги 70-сонлик қарори, пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозларининг ишчи органлари сиртлари учун юқори самарали композит полимер қопламаларнинг янги таркибларини яратиш ва уларни олишда энергия ва ресурсларни тежайдиган технологияни ишлаб чиқишга қаратилган диссертация мавзусининг долзарблиги ва заруриятини таъкидлайди.

Тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур иш Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг Ф-3 «Қайта тикланувчан энергия манбаларини қўллашнинг назария ва усуллари», Ф-7 «Кимё, кимё технологияларининг назарий асослари, нанотехнологиялар», ИТД-15 «Саноат, транспорт, қишлоқ ва сув хўжалиги учун илмий ҳажмдор, иш унуми юқори рақобатбардош, экспортга йўналтирилган технологиялар, машиналар, ускуналар, асбоблар ва эталон воситалар, ўлчаш ва назорат усулларини яратиш», ИТД-12 «Органик, ноорганик, полимер ва бошқа табиий материаллар олишнинг янги технологиялари» устувор йўналишларига мос равишда бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий тадқиқотлар шарҳи. Металл трибосистемалари учун ташқи ишқаланишда энергетик ўз-ўзидан ташкилланиш билан боғлиқ материаллар сирти структураларининг трибомослашув жараёнида мосланувчанлиги тадқиқотлари Германия (Немис материалшунослик илмий-тадқиқот институти), Англия (Лондон муҳандислик маркази), Россия (Россия Фанлар академияси Механика муаммолари ва Машинашунослик илмий-тадқиқот институтлари), Украина (Украина Қишлоқ хўжалик академияси) илмий марказлари етакчи олимлари томонидан олиб борилган. Металлполимер трибосистемалар бўйича эса Россия, Беларусь (Гомель металлполимер системалари илмий - тадқиқот институти, Беларусь давлат университети) ва Латвия (Рига техника университети) мамлакатлари илмий марказларида шуғулланиб келинмоқда. Пахтанинг жароҳатланишини камайтириш ва унинг сифатини яхшилаш борасида АҚШ (Ньюарк композит материаллар ишлаб чиқариш лабораторияси, Мичиган композит материаллар ва структуралар илмий маркази), Канада (Торонто университети) ва Ҳиндистон (Канпур технология институти) илмий марказларида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Охириги йилларда Германия (Немис материалшунослик илмий-тадқиқот институти), Англия (Лондон муҳандислик маркази), Россия (Россия Фанлар академияси Механика муаммолари ва Машинашунослик илмий-тадқиқот институтлари), Украина (Украина Қишлоқ хўжалик академияси) етакчи олимлари томонидан олиб борилган ишларда трибомослашувни белгиловчи фактор сифатида композицион материал ва қопламаларнинг механик хусусиятлари, яъни қаттиқлиги, чўзилиш ва сиқилишдаги мустаҳкамлиги ҳамда Юнг модули миқдори танланган. Шу нуқтага назардан келиб чиқиб янги металл композит материаллар ишлаб чиқилган ва машиналар ишончли ишлашини

таъминлаш учун трибосистема конструкциялари ва геометрик параметрлари оптималлаштирилган. Беларусь (Гомель металлполимер системалари илмий-тадқиқот институти, Гродно давлат университети) ва Латвия (Рига техника университети) мамлакатлари илмий марказларида олиб борилган тадқиқотлар натижасида композицион материаллар ва қопламаларнинг механик хусусиятлари билан бир қаторда уларнинг структуравий тузилишлари ҳам трибосистеманинг ишончлилигини таъминлашда муҳим таъсир кўрсатиши аниқланган. АҚШ (Ньюарк композит материаллар ишлаб чиқариш лабораторияси, Мичиган композит материаллар ва структуралар илмий маркази), Канада (Торонто университети) ва Ҳиндистон (Канпур технология институти) илмий марказларида пахтанинг жароҳатланишини камайтириш мақсадида сувда эрувчан полимерлар синтез қилинган. Бунда пахтанинг жароҳатланишига кимёвий нуқтаи назардан ёндашилиб, сувда эрувчан нанокомпозит полимер материаллар асосида қопламалар ва уларни олиш технологиялари ишлаб чиқилган.

Трибосистемаларда структуравий мослашув вақт бўйича ўзгарувчанликка эга бўлиб, қайтмас термодинамик жараёндан иборатдир. Бу нуқтаи назардан полимер-пахта трибосистемаси мураккаб физик-механик ва механик-кимёвий ҳодисалар билан кузатиладиган очиқ термодинамик системага мансубдир. Дунё илмида маълум натижаларни полимер-пахта трибосистемаси учун адекват қўллаш имконсизлигидан композицион полимер қопламаларнинг пахта билан ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашувининг ўзига хос жиҳатларини ҳар томонлама фундаментал ўрганиш асосида уларнинг олиниш технологиясини яратиш ва амалда қўллашни тақозо этади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Трибомослашув жараёни бўйича тадқиқотлар энергетик нуқтаи назардан металл трибосистемалар учун Флайшер Г., Боуден Ф.П., Тэйбор Д., Костецкий Б.И., Бершадский Л.Н., металлполимер трибосистемалар учун Машков Ю.К., Клементьев Н.М. ва Протасов Б.В. томонидан олиб борилган.

Механик хусусиятлар ва устмолекуляр структураларнинг металл-полимер системалар антифрикцион-ейилишбардошлилик хусусиятларига таъсири беларусь олимлари Белый В.А., Свириденок А.И., Струк В.А. ва бошқалар томонидан тадқиқ қилинган.

Бугунги кунда Ўзбекистон олимларидан сирт структураларини оптималлаш, технологик нотекистиклар параметрларини бошқариш бўйича Маҳкамов Р.Г., композит материалларни қўллаш ва уларни физик модификациялаш бўйича Негматов С.С., технологик жиҳозлар ишчи органлари конструкцияларини оптималлаштириш бўйича Джураев А., термик ишлов орқали материаллар кристалланиш хоссаларини такомиллаштириб, абразив ейилишбардош конструкцион пўлатлар олиш бўйича Мухамедов А.А., композит полимер материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг абразив ейилишбардошлилигини ошириш бўйича Джумабаев А.Б., композитполимер

материаллардан ясалган пахта пневмотранспортлари иши самарадорлигини баҳолаш бўйича Ахмедходжаев Х.Т. илмий ютуқларга эришганлар.

Аммо шу кунга қадарпахтанинг, хусусан унинг толасининг механик жароҳатига материал структура ва хусусиятининг сонжихатдан таъсири ўрганилмаган ва ҳисобга олинмаган. Ундан ташқари, пахта билан композицион полимер материаллар фрикцион ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашувига ҳамдабу соҳада янги материаллар ва технологиялар ишлаб чиқишда маҳаллий ашё ва энергия ресурсларидан рационал фойдаланишга етарли эътибор берилмаган.

Диссертациянинг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Фан ва технологияларни ривожлантиришни мувофиқлаштириш қўмитаси томонидан молиялаштирилган Ф-2.1.40-«Пахта-полимер трибосистемаси ўзаро фрикцион таъсирланишувида термодинамик параметрлар ва структуравий-энергетик ўзгариш қонуниятларини тадқиқотлаш» (2003-2007й.), ДИТД-15-101 «Мураккаб конструкцияли ва катта ўлчамли технологик машиналар учун активацион-гелиотехнология усулида юқори самарали антифрикцион-ейилишбардошли ва антикоррозион эпоксид қопламалар ишлаб чиқиш» (2009-2011й.) давлат грантлари асосида Тошкент давлат университетида ҳамда ДИТД-15-030 «Конструкцион ва композицион материалларнинг фрикцион ўзаро таъсирланишувида деформацияланиш қонуниятларини тадқиқотлаш ва ҳақиқий тегишув юзасини бевосита аниқлаш усуллари ва воситалари комплексини ишлаб чиқиш» (2009-2011й.) Стандартлаштириш, метрология ва сертификатлаштириш илмий-тадқиқот институтидабажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади композицион полимер қопламаларнинг пахта билан ўзаро таъсирланишувидаструктуравий мослашувни ҳисобга олган ҳолда самарали материал ва уларни олиш технологиясини яратиш.

Мақсадга эришиш учун қуйидаги **тадқиқот вазифалари** қўйилган:

антифрикцион композит қопламалар ишлаб чиқишда гетерокомполитлар структурасини модификациялаш активацион-гелиотехнология усулининг мақсадга мувофиқлигини асослаш;

табиатан ҳар хил полимер ва композит қопламаларнинг пахта билан ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашувнинг асосий эксплуатацион омилга боғлиқлигини тадқиқотлаш;

пахтани сувда эрийдиган композит полимерлар билан муҳофазалашнинг фрикцион таъсирлаништрибопараметрларига ва пахта толасининг механик жароҳатланишига таъсирини тадқиқотлаш;

табiiй куёш радиацияси ва механоактивацияни маҳаллий минерал ва саноат чиқиндилари асосидаги гетерокомполит қопламаларнинг структура ва хусусиятларига таъсирини тадқиқотлаш;

ашёвий ва энергетик ресурслардан фойдаланиб, пахта билан фрикцион таъсирланишда оптимал антифрикцион-ейилишбардошли, юқори самарали

антифрикцион композит полимер қопламаларининг таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

конструкция материаллар триботехник хусусиятларини, пахтанинг механик жароҳатини ҳисобга олган ҳолда, экспресс аниқлаш усулини ишлаб чиқиш ва ишлаб чиқилган янги гетерокомпозит қопламаларни технологик жиҳоз деталлари ишчи сиртларида қўллашдан техник-иқтисодий самарадорликни баҳолаш.

Тадқиқот объекти антифрикцион вазифали композит полимер материаллар ва улар асосида олинган қопламаларнинг толали материал, хусусан пахта билан ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашув жараёнидан иборат.

Тадқиқот предмети – композит полимер қопламаларни структура-лаштиришда физик-механик ва механик-кимёвий модификацияси.

Тадқиқот усуллари. Электрон ва оптик микроскопия, ИҚ-спектроскопия, масс-спектроскопия, дисперс, рентгеноструктуравий ва термомеханик таҳлил усуллари кўллаш билан структуравий таҳлил, микрометрлаш, микропрофилометрлаш ва ЭҲМ дастурларини кўллаш билан математик ишлов бериш.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат: табиатан ҳар хил полимер материалларнинг ўзаро фрикциион таъсирланишувида геометрик ва термодинамик параметрли структуравий мослашувларнинг такомиллашган механизми таклиф этилган;

пахта толасини муҳофазалашнинг структуравий мослашувга сон ва сифат жиҳатдан таъсири очиб берилган;

структуравий мослашув жараёнида тўлдирувчининг ламинар структураси туфайли электр ўтказувчи занжирчалар ҳосил бўлиши оқибатида фрикциион трибомослашув трибозаряд зичлиги, ишқаланиш коэффициенти ва пахтанинг нисбий механик жароҳатланиши миқдорлари камайтирилиши аниқланган;

активацион-гелиотехнология усулида гетерокомпозит полимер қопламалар олишда госсипол смоласининг самарали структураловчи модификатор эканлиги аниқланган;

тўлдирувчи заррачаларнинг қоплама қалинлиги бўйича оғирлик кучи туфайли градиентли тарқалишини бартараф этиб, оптимал структуралашни таъминлайдиган янги усул таклиф этилган;

активацион-гелиотехнология усулида олинган гетерокомпозит қопламаларни механик-кимёвий модификациялашда наноконкомплекс бирик-малар ҳосил бўлиш механизми илк бор таклиф этилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

йирик ўлчамли технологик машиналар учун композицион полимер қопламаларга талаб қилинган структура ва антифрикцион ейилишбардошли хусусиятни, ашёвий ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланишни таъминлайдиган янги активацион-гелиотехнология усули ишлаб чиқилган ва қўлланилган;

йирик ўлчамли технологик жиҳозлар учун пахта билан ўзаро таъсирланишувда антифрикцион-ейилишбардошли, пахтанинг механик жароҳатланишини камайтирадиган гетерокомпозит полимер қопламаларнинг таркиблари ва уларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

илмий-тадқиқот ишлари натижаларини таққослаш биланишончи баҳолаш имконини берадиган стандарт усул O'zDSt 2822:2014 ишлаб чиқилган.

Олинган натижаларнинг ишончлилиги стандарт усулларни қўллаш, структуравий ва триботехник параметрлар миқдорларини ЭХМ дастурларини қўллаб математик ишлов бериш, олинган натижалар ноаниқлигини баҳолаш ва уларни мавжуд натижаларга таққослаш билан таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг назарий аҳамияти йирик ўлчамли технологик жиҳозлар ишчи сиртлари учун маҳаллий ашё ва энергия ресурсларидан рационал фойдаланиш имкониятини яратадиган, талаб қилинган структуралаштириш ва антифрикцион ейилишбардошли хусусиятларни таъминлайдиган янги активацион-гелиотехнология усулининг илк бор таклиф этилишидан иборат.

Тадқиқот натижалари нафақат пахта билан фрикцион ўзаро таъсирланишувда ишлайдиган юқори самарали машинасозлик материаллари яратиш соҳасидаги назарий билимлар кўламини кенгайтиради, балки маҳаллий ашёвий ва энергия ресурсларидан рационал фойдаланиб янги материаллар яратиш учун композицион материалшуносликнинг ривожланиш истиқболларини белгилайди.

Ишнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, Ўзбекистон Республикаси IAP 04645-сонли ва IAP 04774-сонли патентлари билан ҳимояланган, технологик жиҳозлар ишчи сиртлари учун ишлаб чиқилган янги таркибли қопламалар физик-механик, структуравий-триботехник хусусиятлари пахта билан ўзаро таъсирланишувда ҳам f , ҳам δ_0 минимал миқдорларини таъминлашидан иборат.

Тўлдирувчи сифатида кимёвий таркиблари яқин ва структура тузилишлари билан фарқланадиган маҳаллий минераллар Ангрен каолини ва Қойтош волластонитининг механоактивлаш йўли билан қўлланилиши модель намуна хизматини ўташи, машинасозлик соҳасида композит материалларга маҳаллий минералларнинг қўлланилиши учун потенциал имкон очиб беради.

O'zDSt 2822:2014 Давлат стандартининг ишлаб чиқилиши ва жорий этилиши тадқиқот натижаларининг кенг қўлланилишида материалларни технологик жараён бўйича оптимал танлашни кўзда тутган «Сифат тизими»ни ишлаб чиқиб, уни қайта ишлашнинг ҳам алоҳида босқичларида, ҳам охириги маҳсулот сифатини бутунлай назорат қилишда қўллаш билан таъминлайдиган меъёрий-услубий ҳужжат сифатида амалий аҳамиятга эга.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Композит полимер қопламаларни пахта билан ўзаро таъсирланишувда структуравий мослашувчанликни тадқиқотлаш натижасида:

Ўзбекистон Давлат стандарти O'zDSt 2822:2014 ишлаб чиқилган ва Ўзбекистон Республикаси меъёрий ҳужжатлар давлат фондига киритилган («O'zstandart» агентлигининг 2014 йил 25 декабрдаги 1886/09-сонли далолатномаси);

«O'zpraxtasanoat» уюшмаси тизимидаги корхоналар, жумладан «Кўрғонтепа пахта тозалаш заводи» АЖ, «Сўфиқишлоқ пахта тозалаш заводи» АЖ ва «Наманган 3-сон пахта тозалаш» АЖ (2002-2009 йиллар) корхоналарида Ўзбекистон Республикаси IAP04645-сонли ва IAP04774-сонли патентлари билан ҳимояланган композитлар жорий этилган. Ишлаб чиқилган янги таркибли қопламаларнинг технологик жиҳозлар ишчи сиртларида қўлланиб жорий этилиши натижасида пахта жароҳатланиши 0,35-0,85 фоизга ва чигитнинг эзилиши 1,5-2,0 мартага камайган, машиналар унумдорлиги 10-15 фоизга ошган, энергия истеъмоли эса 8-10 фоизга камайган. («O'zpraxtasanoat» уюшмасининг 2014 йил 28 октябрь 20/2242-сонли далолатномаси).

«O'zpraxtamash» ОАЖга тақдим этилган технологик регламент асосида ташкил этилган ишлаб чиқариш жараёни бир батареяли пахта тозалаш заводида йилига 78,8 млн. сўм иқтисодий самара беради («O'zpraxtamash» ОАЖнинг 2011 йил 26 октябрь 525/680-сонли далолатномаси).

Ишнинг апробацияси. Диссертация ишининг натижалари республика ва халқаро конференция ва симпозиумлар, жумладан, European Polymer Congress 2005 (Moscow, Russia, 2005), XIX Ulusal Kimya Kongresi (Türkiye, 2005), «Композиты XXI века» (Саратов, Россия, 2005.), «ТРАНСТРИБО-2005» (Санкт-Петербург, 2005), «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства» халқаро илмий-амалий конференцияси (Тошкент, Ўзбекистон, 2008), «INNOVATION – 2007» ва «INNOVATION – 2009» (Тошкент2007, 2009) халқаро конференцияларида муҳокама қилинган.

Диссертация ишининг тўлиқ мазмуни куйидаги илмий семинарларда муҳокама этилган: ТошДТУ «Нефть ва газни қайта ишлаш технологияси» кафедраси (Тошкент, 2013); ТошДТУ Нефть ва газ факультети илмий-техник кенгаши (Тошкент, 2013); ТошДТУ «Фан ва тараққиёт» ДУК (Тошкент, 2007,2014); Стандартлаштириш, метрология ва сертификатлаштириш илмий-тадқиқот институти (Тошкент, 2014); Тошкент давлат техника университети ҳамда Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 16.07.2013. Т/ФМ02.02. рақамли илмий кенгаш қошидаги 05.02.01-«Машинасозликда материал-шунослик» мутахассислиги бўйича илмий семинар (Тошкент, 2014).

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий мазмуни 40та ишда ўз аксини топган. Жумладан битта монография, 21 та илмий мақола Ўзбекистон Республикаси, Мустақил Давлатлар Ҳамдўстлиги ва хориж журналларида чоп этилган. Халқаро ва республика илмий анжуманлари материалларида 14 та мақола ва тезислар чоп этилиб, Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг 2та патенти ва 2 та дастурий маҳсулот учун гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, олтита боб, хулоса, 212та номдан иборат фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва 8 та иловадан иборат 200 бетли матнда баён этилган бўлиб, 40та расм ва 33та жадвални ўз ичига олади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати, тадқиқот мақсад ва вазифалари ҳамда объекти, предмети ва усуллари, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, ўтказилган тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари, олинган натижаларнинг ишонарлилиги, назарий ва амалий аҳамиятлилиги, жорий қилиниши, диссертациянинг апробацияси ҳақида маълумотлар, натижаларнинг эълон қилинганлиги, тузилиши ва ҳажми тавсифланган.

Диссертациянинг **биринчи боби** пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозлари ишчи органлари учун антифрикцион материаллар ишлаб чиқиш масаласининг замонавий ҳолатига бағишланган. Материалларнинг пахта хом ашёси билан ўзаро фрикцион таъсирлашувининг ўзига хослиги кўриб чиқилган. Пахтанинг табиий хусусиятини нафақат машиналар ишчи органлари деталлари тайёрланадиган материаллар сиртки хусусиятларини оптималлаштириш, балки фрикцион контактда бевосита қатнашувчи тола сиртида сувда эрувчи полимер композицияларни қўллаш билан ҳам эришиш мумкинлиги таъкидланган. Бу ўзаро фрикцион таъсирланишувчи материалларнинг энг яхши антистатик ва антифрикцион хусусиятларини ва қайта ишланадиган ашёнинг табиий хусусиятини максимал сақлаш учун мақсадли созлашни таъминлаши қайд этилган.

Маълумки, материалларнинг физик-механик ва эксплуатацион хусусиятларини физик модификациялаш усуллари (γ-нурланиш, ультратовуш, магнит ва электр майдонларида ишлов бериш ва ҳ.к) билан яхшилаш мумкин, ammo мазкур усуллар йирик ўлчамли технологик жиҳозлар сиртларида композит полимер қопламаларни модификациялаш учун қўлланила олмайди.

Мамлакатимизда полимер композицион материалшуносликнинг ривожидан М.А.Асқаров, С.С.Негматов, С.Ш.Рашидова, А.Ибодуллаев, З.А.Таджиходжаев, А.Б.Умаров, А.А.Рискулов, О.Ёриев ва бошқалар томонидан олиб борилаётган ҳар хил вазифали кўпфункционал, шу жумладан, машинасозлик учун валютаҳажмдор импорт материаллар ўрнига маҳаллий ашёвий ва энергетик ресурслар асосида янги материал ва технологияларни ишлаб чиқиш истиқболли эканлиги таъкидланган.

Шу тариқа, тадқиқот мақсад ва вазифаларини аниқлаш имконини берган пахтани қайта ишлаш бўйича йирик ўлчамли машина деталлари учун антифрикцион полимер қопламаларнинг активацион-гелиотехнология усулида

модификациялаш маҳаллий ашёвий ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланишда мақсадга мувофиқлиги асосланади.

Иккинчи боб тадқиқот объектлари ва экспериментал тадқиқот ўтказиш усуллари танлаш ва асослашга бағишланган.

Материалларни модификациялашнинг самарали тури сифатида маҳаллий ашё ва энергия ресурсларидан рационал фойдаланишнинг имконини берадиган структуравий ташкиллаштиришнинг активацион-гетеротехнология усулининг мақсадга мувофиқлиги илк бор асосланган. Тадқиқот объекти сифатидаги қопламалар учун полиэтилен (ПЭВП), пентапласт (ПНП), эпоксид ва фуранэпоксид (ЭД-16, ЭД-20, ФАЭД-20 смолалари асосидаги) композитлар ва тўлдирувчилар: графит, темир кукуни, фторопласт, цемент ҳамда маҳаллий ашёлардан каолин ва волластонит олинди. Модель ва назорат намунаси сифатида пахтани қайта ишлаш бўйича йирик ўлчамли технологик машиналар ишчи органларида кенг қўлланиладиган намуна конструкцион материал - пўлат (Ст.3) олинди.

Термопласт полимерлар ПЭВП ва ПНП асосидаги қопламалар эритиш усулида ЭД-16, ЭД-20, ФАЭД-20 терморезактив полимерлар асосидаги қопламалар пластификатор-дибутилфталат (ДБФ) қўлланиб, қотиргич полиэтиленполиамин (ПЭПА) қўшилиб, 24 соат давомида совуқ қотишида ва кейинчалик зарурат бўлганда 2 соат давомида 110-120⁰С ҳароратда термик ишлов бериш билан қотирилиб олинди.

Қопламаларнинг физик-механик хусусиятлари ва пахта билан ўзаро фрикцион таъсирлашувидаги триботехник тавсифларини тадқиқ этиш ва табиатан ҳар хил органик, ноорганик, металл ва минерал: фторопласт, графит, темир кукуни, цемент ва каолин каби саноатда ишлаб чиқиладиган тўлдирувчилар танлаб олинди.

Буларнинг ичида каолин (Ангренники) маҳаллий ва сероб ашё ҳисобланади. Бундан ташқари энг кўп 3,88, 44,25, ва 49,6 фоизли чиқишга эга, мос равишда ҳар хил дисперсли $d \leq 0,005$, $d \leq 0,05$ ва $d \leq 0,1 \text{mm}$ Қойтош волластонити танлаб олинди. Кўрсатилган фракцияларнинг танланиши яна шу билан боғлиқки, майда дисперсли волластонит концентрати ўта майда дисперсли концентратга нисбатан таркибида кўпроқ металлга эга, бинобарин композит полимер материаллари (КПМ) ва улардан қопламалар (КПК) га иссиқлик ва электр ўтказувчанлик хусусиятларини ҳамда қоплама мустаҳкамлик кўрсаткичларини нанокомплекс боғлар ҳосил қилиш имконини таъминлаш учун зарур.

Экспериментларда кондицион намлиги 8-12% ва ифлослиги 3дан 12% гача бўлган Тошкент-3, Тошкент-6 ва С-65-24 навли пахта хомашёси (ПХА)дан фойдаланилди.

Маҳаллий табиий минераллар: Ангрен каолини ва Қойтош волластонитини олдиндан майдаланган Шўртон газ-кимё мажмуаси полиэтилен билан зарбий парчалаш ва ейилтириш самараси содир этадиган активлаштиришни «Композит-222» дисмембраторли қурилмада ҳам

заррачаларнинг солиштирма сирти кўпайиши ҳисобига, ҳам ейилтирилиш сиртларида гетероген кутбланишган дипол моментлар ҳосил қилиб, механик активлаштиришдан кейин полифункционал структура ташкиллаштирувчи агент-госсипол смоласи (ГС) кўшиб кимёвий активлаштириш билан механокимёвий активлаштирув амалга оширилди.

Назоратланадиган параметрлар сифатида қоплама сиртининг барқарорлашган нотекислиги баландлиги (R_z), сирт электр қаршилиги (ρ_s), трибоэлектр зарядининг сиртдаги зичлиги (σ_s), ишқаланиш сирти ҳарорати ($T_{тр}$), асосий трибопараметрлар сифатидаги ишқаланиш коэффициенти (f) металл сиртга нисбатан ПХА механик жароҳатланиши (δ_0) ва қоплама чизиқли ейилишининг жадаллиги (I_1) танлаб олинди.

Тадқиқ қилинган сиртлар нотекислик параметрини аниқлаш ва тадқиқот натижаларини қайта ишлашда махсус ишлаб чиқилган DGU 01172-сонли дастурдан фойдаланилди.

Дисперс тизимлар, материаллар ва қопламалар физик-механик хусусиятлари ва композицион материалларнинг эксплуатацион хусусиятларини аниқлаш учун умуммаълум стандарт усул ва ускуналар қўлланилди.

Ўзаро таъсирланишувчи материаллар сирти структуравий ўзгариши «Калибр ВЭИ» 283 модели профилограф-профилометр, электрон (РЭМ 1002) ва оптик микроскопия (МИН-8, МБИ-6) ёрдамида ўрганилди. Қоплама механик хусусияти (микроқаттиқлик) ПМТ-3 ва МЭ-3 ускуналар ёрдамида, қоплама материали термомеханик хусусиятлари дериватограф Q-102, қоплама адгезион мустаҳкамлиги узиш машинаси F01 ёрдамида тадқиқ этилди.

Фрикцион ўзаро таъсирланиш триботехник параметрлари ГОСТ 23.223-85 бўйича диски тритометрда ҳамда Межау усулига асосланган стандарт усул P54-308-90 бўйича микротрибометрда тадқиқ қилинди.

Учинчи боб полимер материаллар ва улар қопламаларининг ПХА билан таъсирланишувида структуравий мослашувни назарий ва экспериментал тадқиқотлашга бағишланган.

Трибомослашув жараёни бўйича тадқиқотлар энергетик нуқтаиназардан металл трибосистемалар учун чет эл таниқли олимлари Костецкий Б.И., Бершадский Л.Н. (Украина), Клементьев Н.М., Протасов Б.В. (Россия), металлполимер трибосистемалар учун Машков Ю.К. (Беларусь) томонидан олиб борилган.

Механик хусусиятлар ва устмолекуляр структураларнинг металлполимер тизимлар антифрикцион-ейилишбардошли хусусиятларига таъсири беларусь олимлари Белый В.А., Свириденок А.И., Струк В.А. ва бошқалар илмий мактаби томонидан етарлича яхши ўрганилган.

Республикада машинасозлик металл трибосистемаларида структуравий-энергетик ўз-ўзидан ташкилланиш йўналиши Махкамов Қ.Х. ва Хачатурьян С.В. ишлари туфайли ривожланмоқда.

Аммо бу ишлар натижаларини полимер-пахта трибосистемасига адекват кўчириб кўллаш биз танлаган тадқиқот объекти структуравий мослашувининг махсус жиҳатлари ва жараённинг ўзгачалиги туфайли мумкин эмас.

Бизнинг тадқиқотларимиз кўрсатдики, қайтмас термодинамик жараёнлар нуқтаиназаридан пахта-полимер (ПП) трибосистемаси (ТС) очик мувозанатланмаган термодинамик тизимдир. Фрикцион ўзаро таъсирланишувда σ_z , $T_{тр}$ каби термодинамик параметрлар қийматларининг ҳар хиллиги ва улар энергетик фактор: босимнинг (p) сирпаниш тезлиги (v)га кўпайтмаси (pv) таъсири остидаҳақиқий тегишув юзаси (ХТЮ) бўйлаб нотекис концентрациялашувида тинимсиз мувозанатлашмаган энергия узатиш ва диффузия жараёнлари содир бўлади.

1-жадвалда полимер қопламалар билан пахтанинг фрикцион таъсирланишувида $pv=0,10$ МПа·м/с миқдорида уч соат давомидаги синовда барқарорлашган параметрларнинг тадқиқот натижалари келтирилган.

1- жадвал

Айрим полимер қопламаларнинг ПАбилан ишқаланиши структуравий, термодинамик ва трибопараметрлари

Қоплама материали	Параметрлар ¹					
	$\sigma \cdot 10^5, \text{C/m}^2$	$T_{тр}, \text{K}$	R_z, μ	δ_0	f	$I \cdot 10^{10}$
ПП	3,1	306	11,2	0,28	0,29	3,1
ПЭВП	5,8	324	18,5	0,57	0,43	17,5
ЭДК ²	4,3	307	7,5	0,41	0,32	2,2
ФАЭДК ²	6,2	317	12,3	0,46	0,38	7,2

Изох: ¹Ишқаланиш режими $pv = 0,1$ МПа·м/с; $T_0=295$ К; пахтанинг ифлослиги ва намлиги 3,2 и 8,8% мос равишда; ² ЭД-16 и ФАЭД-20 асосидаги тўлдирувчисиз компаундлар.

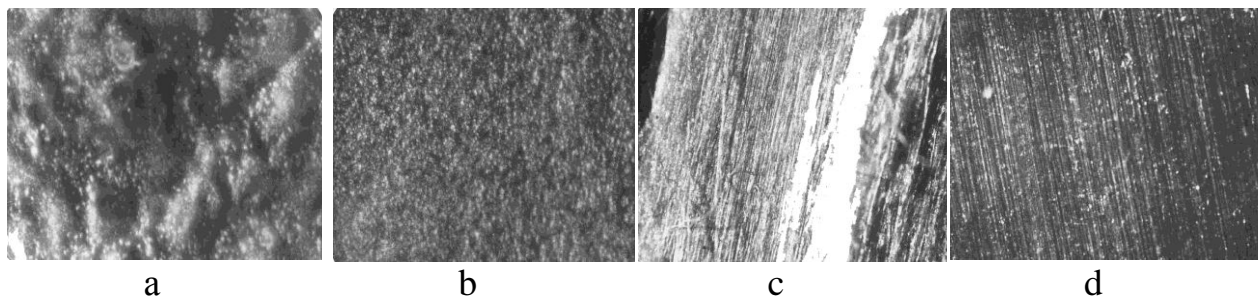
Кўриниб турибдики, фрикцион таъсирланишув термодинамик ва трибопараметрлари қоплама материалга боғлиқ ҳолда анчагина фарқ қилади ва умумий қонуниятга эга: фрикцион таъсирланишув термодинамик параметрлари қанча кўп бўлса, ишқаланиш коэффициенти шунча кўп, бинобарин, қоплама ейилиш жадаллиги ва пахтанинг нисбий механик жароҳатланганлиги ҳам кўп.

Буни таъсирланишув материаллари деформацион хусусиятлари ва уларнинг термомеханик жараён таъсирида ўзгаришига асосланган полимер материаллар термомеханик тавсифларининг ДТ ва ТГ усуллари таҳлили билан тушунтириш мумкин.

Қоплама сиртлари профилограммаси таҳлили, жумладан R_z (1-жадвал) қиймати ва оптик микроскопия (1a-d расмлар) натижалари нотекислик параметрларини нафақат баландлик, балки пахта толасининг кўндаланг ўлчами (диаметри) билан солиштирма ўлчамда, нотекислик қадами параметрларининг ҳам анчагина ўзгаришини кўрсатди.

Тадқиқотнинг бу натижалари структуравий мослашув жараёнида тенг мувозанатли (барқарор) нотекислик шаклланишида, авваллари таъкидланиб

келинган, асосан абразив кўшилмалардан иборат пахтанинг ифлослигига эмас, балки толасининг кўндаланг ўлчами (d_v)нинг кучлироқ таъсири мавжудлигидан, деб хулоса қилиш имконини беради.



1-расм. $\rho=0,1 \text{ MPa}\cdot\text{ms}^{-1}$ бўлгандаги ПЭВП (а,с) ва ПНП (b,d) қопламаларининг дастлабки (а,b) ва трибомослашувдан кейинги (с,d) микросуратлари (x50)

Шундай қилиб, фрикцион таъсирланишувнинг ностационар режимида термомеханик таъсир шароитида жараённинг ўз-ўзидан ташкилланиши динамик анизотроп трибоструктура содир бўлиши билан қовушқоқ оқишни активлаштирувчи энергия камайишини таъминлайди.

Ностационар фрикцион таъсирланишувда маълум бир критик энергия оқими қиймати – ташқи таъсир энтропиясида (юкланиш-босим ва сирпаниш, муҳит-намлик) янги диссипатив барқарор структура вужудга келади.

Толали материал нотекис сиртлари, жумладан, полимер ва композит қопламалар билан ўзаро фрикцион таъсирланишувнинг ўзига хослиги толанинг контржисм нотекислигига илашиб қолишдан қочиб бўлмасликдир. Бундай шароитда фрикцион ўзаро таъсирланишув ишқаланиш кучининг механик ташкил этувчиси кўпайиб, пахта толаси жароҳатланишини жадаллаштиради. Ишқаланиш кучи механик ташкил этувчиси бундай шароитларда етакчиликка эришиб, унинг миқдори d_v/R_z га боғлиқ бўлади.

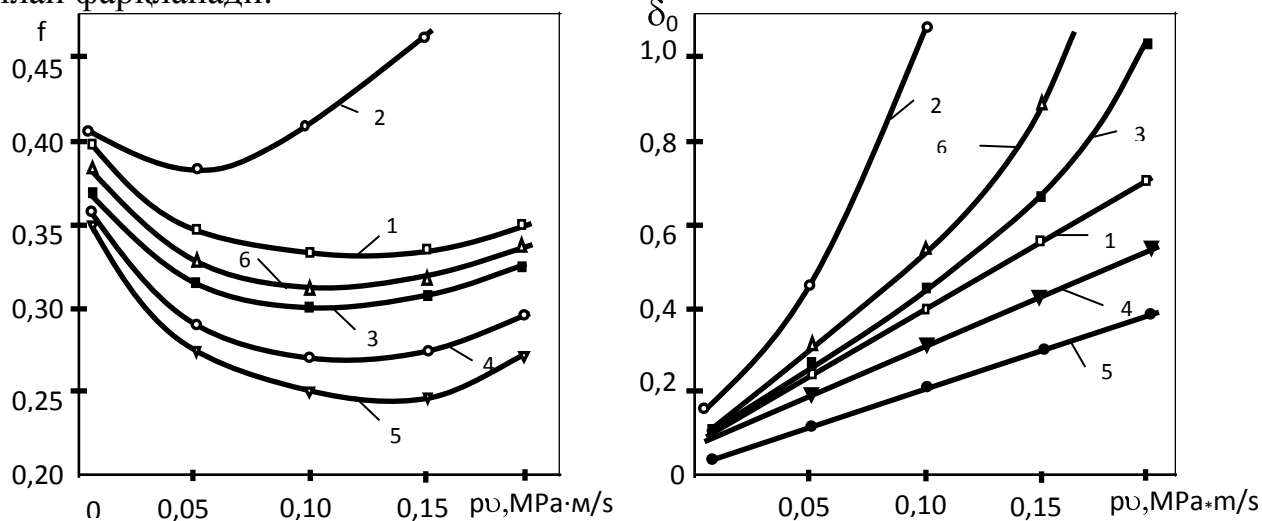
Трибопараметр f миқдорининг ўзгариши структуравий параметр R_z қийматига боғлиқ бўлиб, унинг барқарорлашган миқдори нотекислик параметрининг бошланғич қийматига қараб, муайян фрикцион таъсирланишув режими учун кўпайиши ҳам, камайиши ҳам мумкинлиги кўрсатилган.

Маълум бир тенг шароитларда КПК билан ПХА фрикцион таъсирланишув ишқаланиш кучининг ҳам молекуляр, ҳам трибоэлектр ташкил этувчиларини камайтириш электр ва иссиқлик ўтказувчи тўлдирувчиларни кўшиш билан амалга оширилиши мумкинлиги маълум.

2-расмда композит эпоксид қопламалар билан ПХА тадқиқот натижалари f ва δ_0 нинг энергетик фактор ρ ва тўлдирувчи турига боғлиқлиги келтирилган.

Кўриниб турибдики, ρ нинг кенг қийматлари чегарасида ҳам f , ҳам δ_0 миқдорлари бўйича энг самаралиси ламинар (уваланувчан) структурали электр ва иссиқлик ўтказувчи тўлдирувчилар – графит ва каолиндир. Темир ва волластонит тўлдирувчили эпоксид қопламалар f нинг барқарор қиймати

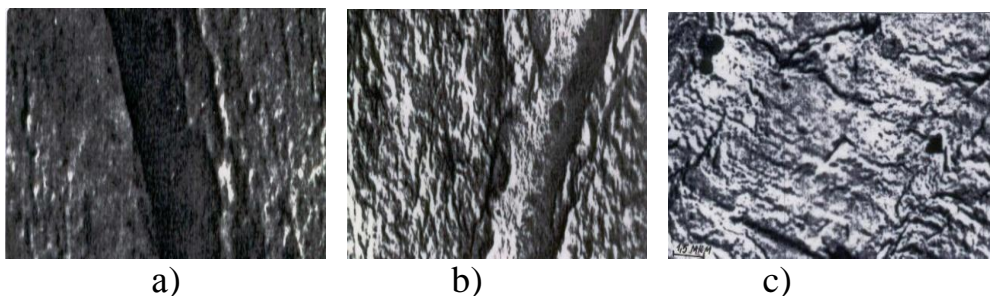
бўйича нисбатан юқори ишчанликка эга бўлсада, δ_0 нинг бироз юқорилиги билан фарқланади.



1 – тўлдирувчисиз; 2 - ЭДК+фторопласт; 3- волластонит; 4- каолин;
5 – графит; 6 – темир кукуни билан тўлдирилган

2-расм. Композит эпоксид қопламалари f ва δ_0 миқдорларининг ρv га боғлиқлиги

Пахтанинг электр ва иссиқлик ўтказувчан қаттиқ тўлдирувчилар-темир кукунли ва синчлаб мустаҳкамлайдиган-волластонитли композит қопламалар билан таъсирланишувида толада чуқур микрокесилиш ва пластик деформация излари ҳосил бўлиб, (3-б расм) уваланувчан ламинар структурали каолин билан тўлдирилган шу каби қопламаларда ейилиш изи (3-с расм) ҳосил бўлиши сиртларнинг электрон микроскопия натижаларини таҳлил этиш билан ўрнатилди (3-расм).



а) темир кукуни тўлдирувчисининг ўткир қирралари билан чуқур микрокесилишлар; б) волластонитнинг қаттиқ заррачаларидан пластик деформация; с) каолин билан ейилиш изи

3-расм. Толанинг жароҳатланишга ҳос турларининг электрон микроскопия суратлари (РЭМx5000)

Трибопараметрлар f ва δ_0 нинг қийматлари бўйича органик тўлдирувчи фторопласт қўшилганда кузатилган салбий самара ишқаланиш жараёнида қопламанинг мустақамлиги ва деформацион хусусиятларининг пасайиши билан боғлиқ. Бунинг натижасида энергетик факторру кўпайиши билан f миқдори нафақат ишқаланиш кучининг молекуляр ва трибоэлектр ташкил этувчиларининг ўсиши, балки деформация чуқурлиги кўпайиши ҳамда толанинг қоплама нотекислигига илашиб ишқаланиш кучи механик ташкил этувчисининг етакчи таъсирига эга бўлиш билан боғлиқ. Қоплама сирти профилограммаси таҳлил қилинганда нотекислик параметри R_z пахта толаси кўндаланг ўлчамига солиштирарли қийматгача ўзгариши аниқланди.

Олинган тадқиқот натижалари мазкур трибосистеманинг фрикцион таъсирланишув табиати ва структуравий мослашувининг махсус жиҳати бошқалардан анча фарқ қилишини яна бир бор ишончли намоён этди.

Пахта толасининг бундай жароҳатланиши аввалдан таъкидланиб келинганфақатгиначарчашэвазига емирилишдан эмас, балки қоплама сирти нотекислиги ўткир қирралари тола сиртида микрокесиш ҳосил қиладиган, темир кукунига ўхшаш каттиқ заррачалар билан тўлдирилган композит қопламалар таъсирланишувининг ўзига хос жиҳатидан келиб чиқиб, абразив емирилиш механизидан иборат, деган муҳим хулоса қилишга имкон беради.

«Пахтанинг табиий хусусиятини сақлаш учун антифрикцион вазидали материалларнинг сирт структураси ва хоссаларини бошқариш асослари», деб номланган **тўртинчи бобда** пахта толасини муҳофазалаш ва тўлдирувчининг заррачалари геометрик ўлчамларининг ўзаро таъсирланишувчи материалларнинг структуравий мослашувига таъсири натижалари келтирилган.

Кўпмартали механик юкланиш таъсири шароитида, жумладан, ўзаро фрикцион таъсирланишувда пахта толаси механик жароҳатланибгина қолмай, балки материалда макрозанжирнинг деструкцияланиши содир бўлиб, манбаи сувда эрийдиган муҳофазаловчи композитдан иборат қандайдир акцептор билан ўзаро таъсирланишувда барқарорлашадиган эркин радикаллар ҳосил бўлади.

Лаборатория шароитида муҳофазаланган пахта толасининг антифрикцион полимер қопламалар билан ўзаро таъсирланишуви механизмини тадқиқ этиш учун термопласт ПНП ва ЭД-16 асосидаги реактопласт эпоксид компаунд қопламалардан фойдаланилди. Бу полимерларнинг танлаб олиниш шартлари ҳозирда улар асосидаги қопламалар триботехник ва бошқа хусусиятларининг яхши ўрганилганлиги ва яна улар мос равишда кучсиз ва кучли кутбланувчи полимерлар синфига мансублиги билан асосланди.

ρ факторининг ҳар хил қийматлари эксплуатация режимида ўтказилган тадқиқотлар (2-жадвал) пентапласт ва эпоксид қопламалар трибопараметрларини муҳофазалаш учун қўлланиладиган сувда эрувчи композитлар турига анча боғлиқлигини кўрсатди.

Бу ўринда таъкидлаш лозимки, ОПВК-2 композити билан муҳофазаланган пахтада нисбатан юқори f кузатилмоқда. Бинобарин,

муҳофазаланган пахта толаси f миқдори, назоратдаги толадан трибозаряд зичлиги миқдорининг бирқанча пасайишига қарамай, нисбатан ҳар доим юқори. Бунинг сабаби шуки, муҳофазаланган толалар силлиқланган сирт (4-расм)га ва акцептор табиатли юза-фаолмоддага эга бўлиб, ишқаланиш кучининг адгезион ташкил этувчисини молекулалараро ўзаро таъсирланишуви ҳисобига кучайтиради. Нисбий жароҳатланиш миқдори $0,1 \text{ МПа}\cdot\text{м/с}$ энергетик факторда бир соатлик синовдан сўнг қутилганидек, назоратдагидан бир қанча паст. Шу билан бирга, нисбий жароҳатланишнинг энг кам миқдори ОПВК-1 композитда муҳофазаланган пахта билан фрикциион таъсирланишувда кўпроқ макбул кўринади.

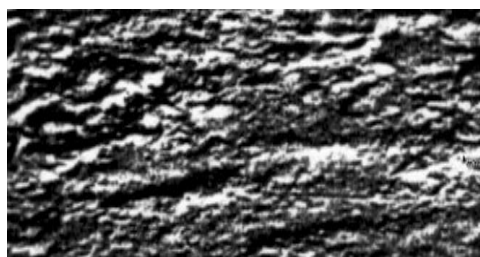
2- жадвал

Ҳар хил $\rho\omega$ миқдорида эпоксид ва пентапласт қопламаларининг муҳофазаланган ва муҳофазаланмаган пахта билан триботехник хусусиятлари

Трибосистема тури	Бир соат давомида трибомослашувдан кейинги ҳар хил $\rho\omega$ даги ($\text{МПа}\cdot\text{м/с}$) триботехник хусусиятлар							
	0,05				0,1			
	$\sigma_3, 10^5, \text{C/m}^2$	R_z, μ	f	δ_0	$\sigma_3, 10^5, \text{C/m}^2$	R_z, μ	f	δ_0
ЭДК - ПХА	2,10	5,2	0,35	0,24	4,3	7,5	0,32	0,41
ЭДК –ПХА(ОПВК-1)	1,84	4,8	0,38	0,17	3,5	6,8	0,34	0,32
ЭДК –ПХА (ОПВК-2)	1,62	4,7	0,40	0,19	3,2	6,5	0,35	0,38
ПНП –ПХА	1,42	4,3	0,28	0,18	3,1	11,2	0,29	0,34
ПНП –ПХА(ОПВК-1)	1,36	4,2	0,30	0,16	2,8	9,3	0,31	0,28
ПНП –ПХА(ОПВК-2)	1,32	4,2	0,31	0,17	2,6	9,1	0,32	0,31



а-муҳофазаланмаган тола



б-муҳофазаланган тола

4-расм. Тошкент-3 пахта толаси сиртларининг электрон-микроскоп репликалари(РЭМx5000)

Шундай қилиб, олинган натижалар асосида пахтани муҳофазалаш фрикциион зонада ишқаланиш кучини биров оширганига қарамай, полимер композициялар билан экранлаштирилиши эвазига толада намлик ушлаб мустаҳкамлигини таъминлаш билан табиий хусусиятини сақлашга ижобий таъсир кўрсатади, деб хулоса қилиш мумкин.

Мазкур трибосистема учун трибопараметрларга анча таъсир этувчи муҳим термодинамик параметрлар - ҳарорат ва трибоэлектр заряди зичлигидир.

Шу боис, бу икки асосий физик факторларнинг салмоқли таъсири бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Бунда ҳароратнинг таъсири анча кучли бўлиб, унинг миқдори полимерларнинг, айниқса термопластларнинг юмшаш ҳарорати яқинида патологик ҳодисаларга олиб келиши кузатилди. Қоплама материали туридан қатъий назар, барча трибопараметрлар миқдорининг ошишижадаллашди.

Барқарорлашган КПК нотекистик параметрлари ва ўз навбатида, пахтанинг механик жароҳатланишини белгилайдиган бошқа бир муҳим фактор - қўшиладиган тўлдирувчиларнинг геометрик ўлчами ва хусусиятларидир.

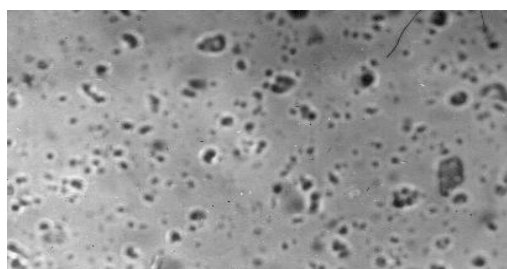
Тўлдирувчи заррачалар ўлчамларининг таъсирини ўрганиш учун волластонит концентратининг ҳар хил: $0,05 \leq d \leq 0,1 \text{ mm}$; $0,005 \leq d \leq 0,05 \text{ mm}$; $d \leq 0,005 \text{ mm}$ дисперслилигини бир хил 50 мас.қ. таркибда танлаб олдик.

Экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатдики, σ_3 камайишига қарамай f ва δ_0 миқдорларининг ошиш тенденцияси тўлдирувчи заррачалар ўлчамларининг камайиши томонига мойил.

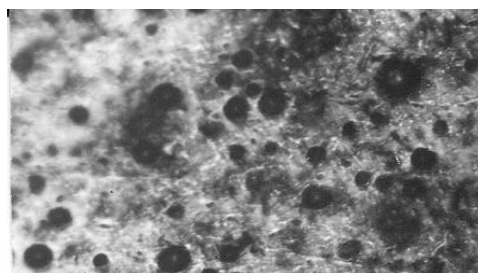
Термодинамик ва трибопараметрларни камайтириш учун ишқаланиш натижасида мослаштирилган юзага эга бўлган, уваланувчан хусусиятли графит билан тўлдирилган эпоксид қопламаларда оптималлаштириш тадқиқоти ўтказилди (5-расм).

Бунда графит миқдорининг 1дан 20 мас.қ. гача ўзгаришида σ_3 нинг жадал камайишига қарамай ρ_3 нинг 3-5 тартибли камайиши эвазига δ_0 ва f нинг чизиқли камайиб бориши кузатилди.

Таъкидланган ҳодиса шу билан изоҳланадики, трибомослашилган қоплама сиртида, ҳатто кузатувда ҳам сезиларли (5 b - расм), графитнинг уваланган майда заррачалари пайдо бўлиб, энтропия кўприқларини ҳосил қилувчи электр ўтказувчи занжирчалар пайдо бўлади. Бинобарин δ_0 ва f нинг оптимал қийматлари учун юқори ейилишбардошлик сақланган ҳолда, графитнинг 2-5 мас.қ. миқдори билан кифояланса бўлади.



а– дастлабки



б – трибомослашган

5- расм. Синов режими $\rho v=0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$, $t=1800\text{s}$ бўлганда 5 мас.қ. графит билан тўлдирилган эпоксид қопламанинг С - 65-24 пахта билан ўзаро таъсирланишувидаги юза фотосуратлари (x100)

Тадқиқотнинг бу натижалари кўп компонентли гетерокомпозит қопламалар мослашилган сиртларида оптимал термодинамик ва триботехник хусусият барпо этиши графитнинг анча кам бўлган микдорида ўта майда заррачалардан, авваллари маълум бўлмаган ҳодиса, электр ўтказувчан занжирчалар пайдо бўлишини пайқаб олиш имконини берди.

Шу тариқа мазкур бобда олинган тадқиқот натижалари асосида фрикцион таъсирланишувда фаоллашган волластонит ва каолин таркибидаги металл атомлари билан бир қаторда кутбланган сув молекулалари (нам пахтада) ҳам трибомослашган сиртларнинг барча контури бўйича барқарор электр ўтказувчи занжирлар ҳосил бўлиши мумкин, деган тахминни олға суришга асос бўлади.

Бешинчи боб структура ташкиллаштиришнинг технологик асоси ва гетерокомпозит қопламаларнинг йирик ўлчамли жиҳозлар учун шакллантирилишига бағишланган.

Пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозларининг катта ўлчамлилиги ҳамда улар деталлари сиртларининг мураккаб конфигурацияси туфайли ҳозирги кунда маълум физик модификациялаш усуллари қўллаш билан КПҚни олишимкони йўқ.

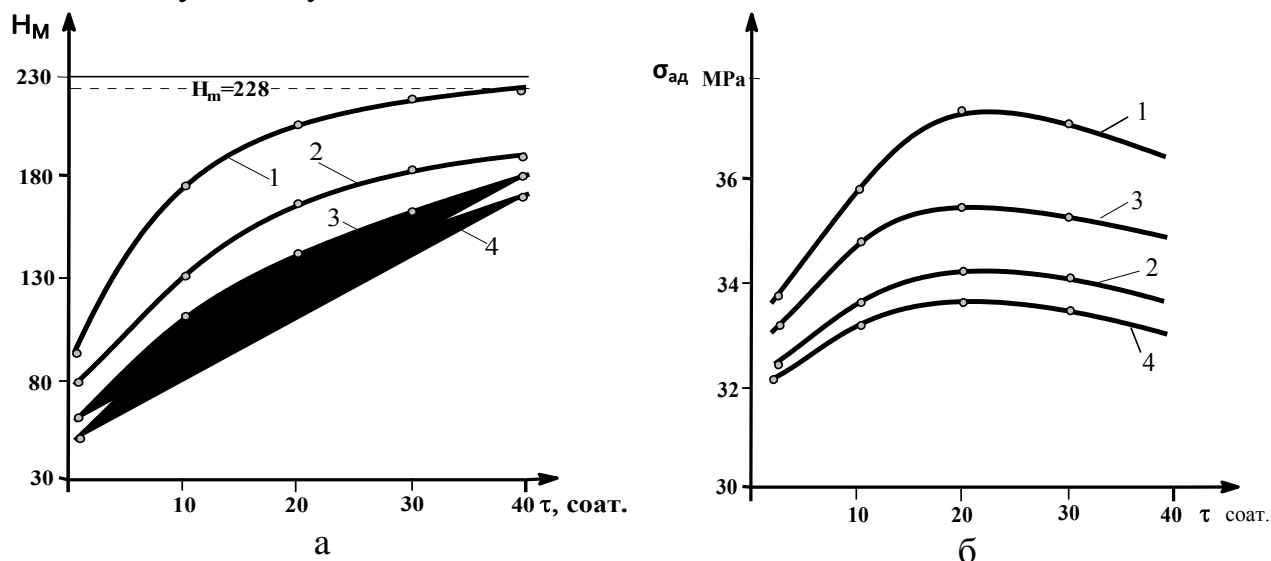
Шу муносабат билан, боғловчи сифатида мос равишда 10 ва 12 мас.қ ПЭПА билан совиклайин қотиш имконини берадиган ЭД-20 ва ФАЭД-20 термореактив полимерлари танлаб олинди. Пластификатор сифатида анъанавий қўлланадиган ДБФ ва иккиламчи ашёГС, мос равишда 10 ва 10 мас.қ микдорда олинди.

Ҳар хил таркибли эпоксид ва фуранэпоксид қопламаларнинг қуёшда ва салқинда қотиш қонуниятлари тадқиқ этилди. Тадқиқотлар август ойида Тошкент шаҳри иқлим шароитида, ҳаво ҳароратининг салқинда 30 ± 2 °С ва 42 ± 2 °С очик жойда ўтказилди. Табиий қуёш радиациясининг жадаллиги $710-750 \text{ W/m}^2$ ни ташкил этди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, гетерокомпозит қопламаларнинг табиий қуёш радиациясида шаклланиши қотиш жараёнини анча (2-3 марта) тезлаштиради. Шу билан бир қаторда ПЭПА микдори амалда қотиш жараёнида кучли таъсир кўрсатмайди, ЭД-20 ва ФАЭД-20 учун мос равишда 10 ва 12 мас.қ оптимал ҳисобланади.

Гетерокомпозит қоплама шаклланишида структура жараёнини сифат жиҳатдан тавсифловчи эпоксид ва фуранэпоксид қопламаларнинг микроқаттиқлиги ҳамда адгезион мустаҳкамлигининг қуёш радиацияси давомийлигига боғлиқлиги 6-расмда кўрсатилган. Кўришиб турибдики, қуёш радиациясининг 30 соатлик таъсирдан сўнг қопламалар микроқаттиқлиги термик ишлов берилган ($H_{мэ}=228 \text{ МПа}$) эпоксид ва фуранэпоксид ($H_{мф}=182 \text{ МПа}$) қопламалар микроқаттиқлигига яқинлашиб келади (6 а - расм). ДБФ нинг қисман (50% гача) ГС билан алмаштирилиши механик хусусиятларини бироз камайтиргани балки яхши пластификациялаш хусусиятидандир. Буни ГС қўшилган ЭДК ва ФАЭДК адгезион мустаҳкамлигининг қуёш радиациясининг давомийлигидан қатъий назар бир қанча ошиб бориши билан изоҳлаш мумкин

(бб - расм). Шу билан бир қаторда ГС билан модификациялаштирилган эпоксид ва фуранэпоксид қопламалар зарбий мустаҳкамлигининг ошиши билан ҳам изоҳлаш мумкин бўлади.



1-ЭД+20 мас.к. ДБФ, 2- ЭД+10 мас.к.ДБФ ва 10 мас.к.ГС,
3-ФАЭД + 20 мас.к. ДБФ, 4-ФАЭД+10 мас.к.ДБФ ва 10 мас.к.ГС

б-расм. Гетерокомпозит эпоксид (1,2) ва фуранэпоксид (3,4) қопламаларнинг микроқаттиқлиги (а) ва адгезион мустаҳкамлигининг (б) табиий шароитда қуёш таъсири давомийлигига боғлиқлиги

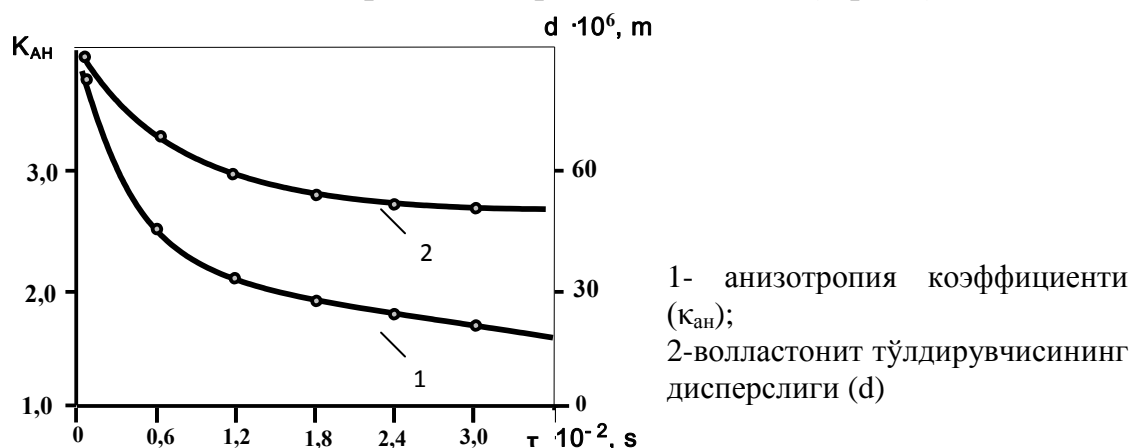
Тадқиқотларимиз оддий шароитда қоплама шаклланишида катта ўлчамли тўлдирувчи заррачаларнинг солиштирма сирти нисбатан кам бўлганлиги туфайли, заррачаларнинг асосга чўкишини кўрсатди. Қоплама ҳажми бўйича нотекис тақсимланаётган тўлдирувчилар асосга чўкиб ўта тўпланиши туфайли қоплама-асос чегаравий фазасида адгезион мустаҳкамликнинг камайиши содир бўлади. Бу қопламанинг муддатдан олдин кўчиб чиқишига сабаб бўлади.

Бошқа томондан, игнасимон шаклли волластонитнинг синчлаш самарадорлиги заррача ўлчамларининг анизотропия коэффиценти $K_{ан}=1:b \geq 2$ бўлганда яхши амалга ошади. Биз танлаб олган волластонит концентрати $50 \leq d \leq 100 \mu$ дисперсли бўлиб, юқори анизотропия коэффиценти ($K_{ан}=4,0 \div 4,5$)га эга. Игнасимон шаклли волластонит эпоксид гетерокомпозитларни синчлаши эвазига ейилишбардошликни анча ошириб, қопламага керакли хизмат муддатини таъминлашда жуда муҳим аҳамиятга эга.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, волластонит концентрати дисмембраторли қурилмада 600 s давомида активлаштириш ишлови берилганда $d \leq 20 \mu$ дисперсли майдалашган волластонит ҳосил бўлади. Шу билан бирга $K_{ан}=1-1,2$ атрофида бўлиб, оддий донасимон структурага эга бўлади ва синчловчи хусусиятини таъминламайди.

Шу муносабат билан волластонит концентратининг $50 \leq d \leq 100 \mu$ ўлчамларида 2,5÷3,0 анизотропия коэффиценти таъминлайдиган (механик

фаоллаш режими $n=2800$ айл/мин, ишчи тирқиш $\Delta=0,5\text{mm}$) 30-50s давомийлилик механик фаоллаштиришни танладик (7-расм).



7-расм. Тўлдирувчи заррачаларининг дисперслилиги (d) ва улар ўлчамларининг анизотропия коэффициентининг ($K_{ан}$)нинг механоактивация вақтига боғлиқлиги

Йирик дисперсли волластонитни кўллаб, керакли самарага эришиш учун волластонит олдиндан майдаланган ($0,2 \div 0,5\text{mm}$) полиэтилен билан 50:10, 50:8, 50:6, 50:4, 50:2 нисбатларда дисмембратор қурилмасида 40-50 смобайнида биргаликда механик фаоллаштириш махсус тадқиқотлари ўтказилди. Шу йўсинда олинган минерал-органик табиатли бинар тўлдирувчиларни биргаликда фаоллаштириш полиэтилен заррачалари ёрдамида «парашют» эффекти амалга оширилиши туфайли волластонит чўкмайди ва қоплама қалинлиги бўйлаб тенг тарқалади. Бу ҳолда оптимал структурали қоплама ҳосил қилиш учун намунани айлантиришга ҳожат қолмайди (3-жадвал).

Кўриниб турибдики, бинар тўлдирувчилар нисбатида полиэтилен микдорининг кўпайиши билан, ҳам термодинамик (σ_3 , $T_{тр}$), ҳам триботехник (f , I_1) параметрлар хусусиятларининг ошиб боришига қарамай, δ_0 нинг бир оз камайиши кузатилмоқда. Бу полиэтилен қўшилганда қоплама сирти микроқаттиқлигининг пасайиши ва микронотекисликлари эластиклигининг ошиши билан тушунтирилиши мумкин.

3- жадвал

Эпоксид қопламаларнинг биргаликда механик фаоллаштирилган минерал ва органик тўлдирувчилари нисбатларининг пахта билан фриクション ўзаро таъсирланишувидаги трибопараметрларига таъсири

Механик активлаштирилган тўлдирувчилар нисбатлари (В/ПЭ), мас.қ	Триботехник хусусиятлар				
	$T_{тр}, K$	$\sigma_3 \cdot 10^4, C/m^2$	f	δ_0	$I_1 \cdot 10^{10}$
50:02	302	21.1	0.25	0.36	1.6
50:04	308	23.5	0.27	0.31	2.5
50:06	310	26.2	0.29	0.30	3.1
50:08	313	29.4	0.32	0.26	3.8
50:10	321	35.2	0.35	0.25	5.6

Шундай қилиб илк бор материалларнинг янги хусусияти ва эпоксид гетерокомпозит қопламаларнинг структура ташкиллаштиришнинг минерал ва полимерни маълум нисбатда дисмембраторда биргаликда механик фаоллаштириш орқали эришиладиган маҳаллий ашёлардан иборат органо-минерал тўлдирувчилардан самарали фойдаланиладиган янги усул топилди.

Иқтисодий нуқтаи назардан муҳимлиги кам бўлмаган композит полимер материаллар учун бошқа структура ташкиллаштирувчи маҳаллий минерал - каолиндир. Бирламчи Ангрен каолинини дисмембраторда фаоллаштириш 5 дақиқа давомида олиб борилиб, кейин 20:10 нисбатда ГС кўшилиб, бир жинсли гомоген масса ҳосил қилиш учун яна 10-15 дақиқа давомида шарли тегирмонда аралаштирилади.

Шу тариқа механик-кимёвий фаоллаштирилган компонентли композит материаллар ишлаб чиқишда оптимал структура ташкиллаштириш учун энг маъқулидир, деган хулосага келиш мумкин.

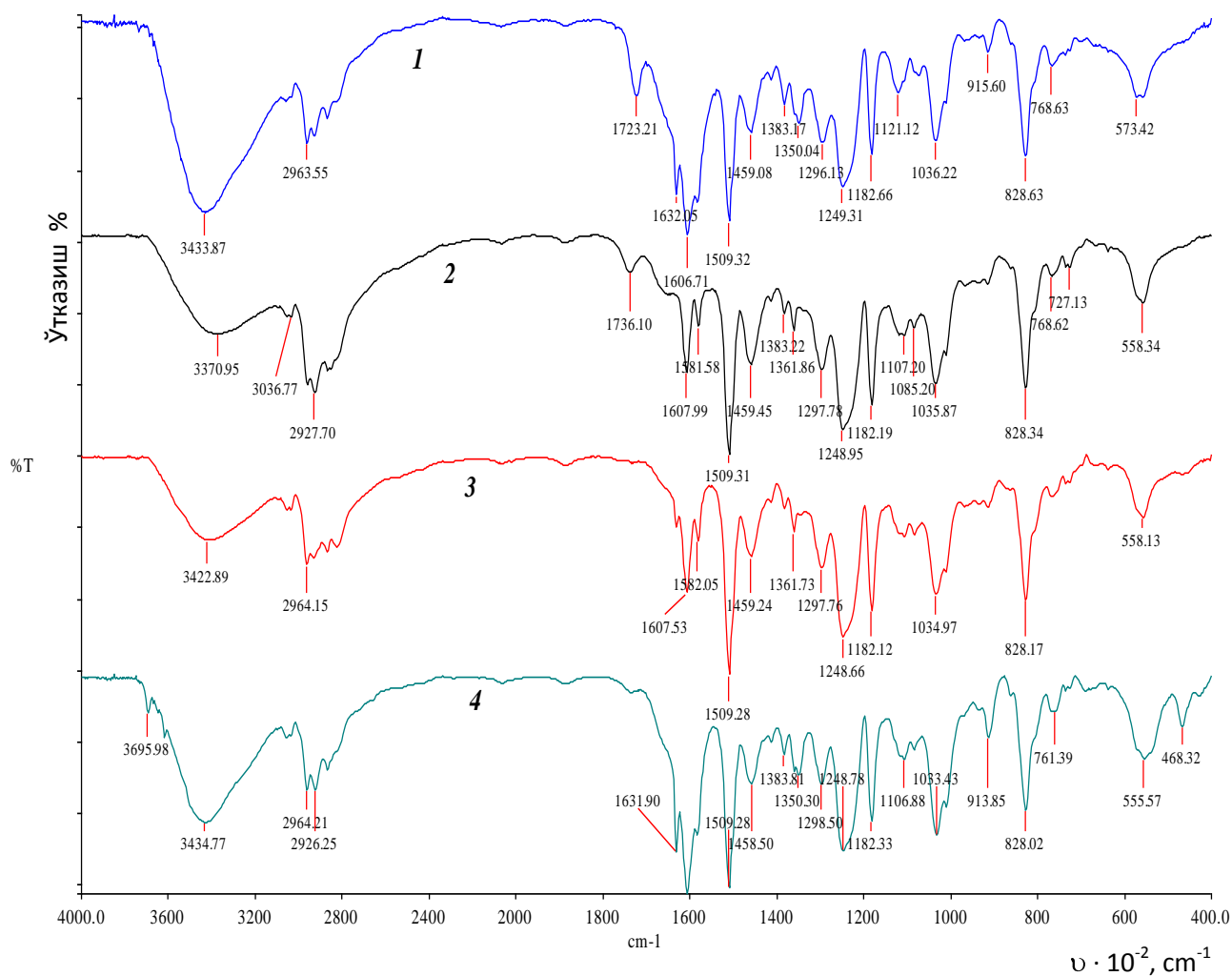
Табиий минералларда мавжуд металл оксидлари механик фаоллаштиришда боғловчи полимер ва модификацияловчи ГС ён гуруҳлари билан наноконкомплекс боғланишни юзага келтиришга қодир гетероген-кутбланишган дипол моментлари ҳосил бўлади. Чунки ГС нинг кўп функционал хусусияти гетерокомпозитлар структуралашуви учун мойил шароит яратади. Анъанавий усулда (8.1, 8.2-расм) ҳамда активацион-гелиотехнология усулида (8.3, 8.4-расм) олинган ЭД-20 асосидаги композитларнинг ИҚ-спектрлари ютилишининг таҳлили, аммоний тузлари деформацион тебранишлари боғланиши ютилиши доирасида ўзгаришлар мавжудлигини кўрсатди (8-расм).

Эпоксид ҳалқани нуклеофил реагент таъсири остида очиш учун электрофил боғланиш зарур, яъни эпоксидни олдиндан фаоллаштириш керак. Бу тасаввурдан келиб чиқиб, ПЭПА амин гуруҳининг битта молекуласи нуклеофил реагент, иккинчиси эса протондонор сифатларида иштирок этади.

Бунда механик фаоллаштиришда ҳосил бўлган металл ионлари ГС нинг кўп функционал гуруҳлари билан биргаликда яхши структура ҳосил қилувчи ролини ўйнайди, деб фараз қилиш мумкин. Чунки, минералнинг зарбий парчалаб ейилтириш самарадорлигини амалга оширадиган дисмембраторда механик активлаштирилганда боғловчи билан тўлдирувчи фазалараро қатламида адгезиянинг оширилиши нафақат солиштирама юзанинг ошиши ҳисобига, балки госсиполнинг карбонил ва гидроксил гуруҳлари билан наноконкомплекс боғланишлар ҳосил қиладиган ионлаштирилган манбалар ўсиши ҳисобига эришилади.

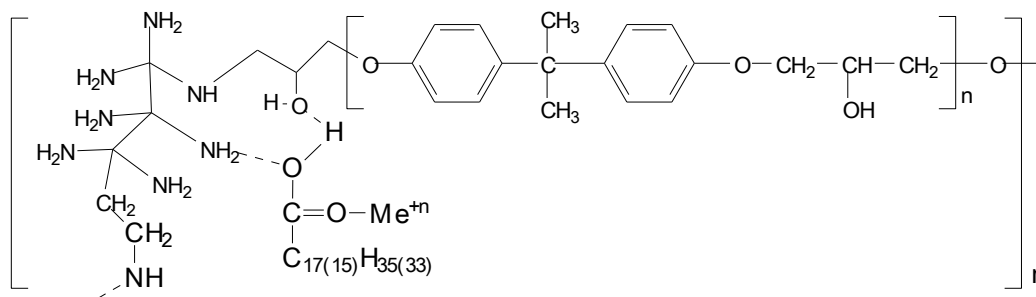
Англаб топилган ўзгариш ГС карбонил ва карбоксил гуруҳларида ва эпоксид гидроксил гуруҳларида кислород атомлари орасида ички молекуляр водород боғланишлари ҳосил бўлиши, шунингдек иккиламчи аммоний тузи водород атомлари ГС гидроксил гуруҳи билан боғланиш ҳосил қилиб тикилиш

даражасининг кўпайишига ва тезлашишига монелик қилади, деб фарз қилиш мумкин.



1-ЭДК, 2-ЭДК+ГС, 3-ЭДК+ГС+В, 4- ЭДК+ГС+К
8-расм.ИҚ-спектрлар

Бу ҳолда эпоксид смоласининг полиаминлар билан қотиши гидроксил гуруҳлар мавжуд бирикмалар билан тезлашади ва водород атомининг НО-гуруҳи кислороди атомига алмашиниши ва карбонилга тўлдирувчи таркибига кирувчи металл оксидлари ионлаштирилган заррачаларнинг реакцияси содир бўлиши билан ва қуйидаги тахмин қилинган схема билан изоҳланиши мумкин.



Тадқиқот натижалари кўрсатадики, бир хил таркиб ва дисперсликдаги, ҳам фаоллаштирилган, ҳам фаоллаштирилмаган минерал тўлдирувчиларда энг яхши механик хусусият волластонит кўшилганда кузатилди. Эпоксид гетерокомпозит қопламаларнинг бундай сезиларли фарқини ўхшаш кимёвий таркибли фаоллаштирилган ва фаоллаштирилмаган каолин ва волластонит минералларининг структуравий тузилиши билан тушунтириш мумкин. Донасимон ёки игнасимон волластонит заррачалари боғловчи билан уваланувчан каолин заррачаларидан фазалараро кучлироқ боғланиш ҳосил қилади.

Мазкур ишда олинган тадқиқот натижалари антифрикцион-ейилишбардош вазифали оптимал структурали ва активационгелиотехнологияусули билан бир нечаКПКянги таркибларини таклиф этиш имконини берди. Жумладан, кўп бўлмаган миқдорда уваланувчан графит кўллаш билан маҳаллий ашё асосида гетерокомпозит қопламаларнинг янги таркиблари тавсия этилди (4,5-жадв.).

Масалан, АГКҚ (антифрикцион гетерокомпозит қоплама) туридаги қопламаларни 2-5 мас.қ. электр ўтказувчи графит, 35-37 мас.қ. каолинни мос равишда 130 мас.қ. ЭДК ва ФАЭДК га кўшиш билан, АЕГКҚ (антифрикцион-ейилишбардош гетерокомпозит қоплама) туридаги қопламалар эса 3-5 мас.қ. электр ўтказувчан графит, 15-17 мас.қ. каолин, 17-19 мас.қ. волластонит, 1-3 мас.қ. полиэтилен мос равишда 130 мас.қ. ЭДК ва ФЕК га кўшиш билан олиш мумкин.

ЕГКҚ (ейилишбардошли гетерокомпозит қоплама) туридаги қопламаларни фақат волластонит ва графит асосида олиш мумкин. Тўлдирувчиларнинг 40 мас.қ. умумий миқдори йирик ўлчамли технологик жиҳоз ишчи сиртларига суртишга мойил технологияни таъминлашдаги композициянинг қовушқоқлиги чегараси билан шартланади.

4- жадвал

Ишлаб чиқилган қопламаларнинг таркиби ва хоссалари

Қоплама тури ¹	Компонентлар таркиби мас.қ.			Хоссалари ⁴	
	ЭДК ²	В:ПЭ ³	Графит:Каолин	Н _м , МПа	σ _а , МПа
АГКҚ-1	130	-	3:37	178	32,5
АГКҚ-2	130	-	5:35	172	34,5
АЕГКҚ-1	130	19:1	3:17	205	30,5
АЕГКҚ-2	130	18:2	5:15	198	29,6
ЕГКҚ-1	130	35:0	5:0	276	38,2
ЕГКҚ-2	130	37:0	3:0	288	39,8

Изох: 1) А-антифрикцион, Е-ейилишбардош, ГК-гетерокомпозит, Қ-қоплама; 2) ЭДК: ЭД-20=100 мас.қ., ДБФ=10 мас.қ., ГС=10 мас.қ., ПЭПА=10 мас.қ.; 3) В: ПЭ - волластонит: полиэтилен (мас.қ. сонли нисбатда); 4) Қуёшда ишлов бериш вақти (710-750 W/m²)– 8 h., Т_{ос} =42±2 °С. (Тошкент ш. шароитида).

Тадқиқотда олинган натижалар пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозлари ишчи сиртларида маҳаллий ашёвий ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланиб, активацион-гелиотехнология усулида қоплама олиш янги технологиясини таклиф этиш имконини берди.

5-жадвал

Ишлаб чиқилган қопламаларнинг структуравий трибопараметрлари

Қопламалар тури	Структуравий параметрлар: ρ_s, Ω (суратда); R_z, μ			Трибопараметрлар*		
	дастлабки	шилинган	трибомослашган	f	δ_0	$I \cdot 10^9$
АГКҚ-1	$1,4 \cdot 10^8 / 3,5$	$4,6 \cdot 10^4 / 2,8$	$0,8 \cdot 10^3 / 6,2$	0,24	0,22	34,3
АГКҚ-2	$6,4 \cdot 10^7 / 3,9$	$1,2 \cdot 10^3 / 2,9$	$0,4 \cdot 10^2 / 6,5$	0,23	0,20	35,2
АЕГКҚ-1	$2,6 \cdot 10^8 / 3,7$	$6,2 \cdot 10^4 / 3,4$	$3,5 \cdot 10^3 / 5,8$	0,28	0,25	12,5
АЕГКҚ-2	$1,2 \cdot 10^7 / 3,6$	$8,1 \cdot 10^3 / 3,5$	$4,2 \cdot 10^2 / 6,1$	0,29	0,26	13,4
ЕГКҚ-1	$4,6 \cdot 10^7 / 6,2$	$0,6 \cdot 10^3 / 3,2$	$2,1 \cdot 10^2 / 5,8$	0,36	0,38	3,2
ЕГКҚ-2	$8,2 \cdot 10^8 / 6,1$	$3,1 \cdot 10^4 / 3,6$	$2,8 \cdot 10^3 / 5,6$	0,38	0,41	2,6

* $\rho = 0,1 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$; $t_{\text{пр}} = 1,5 \text{ h}$. бўлганда, контржисм - ПХА(С - 65-24); $\sigma_0 < 10^{-5} \text{ С/м}^2$ барча холларда

Олтинчи бобда ўтказилган тадқиқотларнинг амалий ва техник-иқтисодий жабҳалари келтирилган. Ишлаб чиқилган АКПҚ бир батареяли намунавий Қўрғонтепа ва Сўфиқишлоқ (Андижон вилояти), 3-сонли Наманган пахта тозалаш заводлари (Наманган вилояти) тажриба синовидан ўтди ва жорий этилди.

Антифрикцион – ейилишбардошли композит полимер қопламаларни пневмо- ва винтли транспортёр, шнекли тозалагич ва тақсимлагич ишчи сиртларида жорий қилинишида пахта толаси механик жароҳатланишининг 0,35-0,85 фоизга, чигит майдаланишининг 1,5-2 марта камайиши ҳисобига иқтисодий самарадорликка эришилган, ҳамда технологик жиҳозлар иш унумдорлигини 10-15 фоизга ошиши таъминланган. Яратилган янги таркибли гетерокомпозит қопламаларнинг йирик ўлчамли жиҳозлар ишчи сиртларида қўлланилиши фақат битта бир батареяли намунали пахта тозалаш заводида йилига 78,8 млн. сўм, тармоқ бўйича эса йилига 945 млн. сўмни ташкил этади.

Мазкур бобда материалларнинг самарадорлигини O‘zDSt2822:2014 Давлат стандартида белгиланган критериал-баҳоловчи кўрсаткич сифатида $f\delta_0$ кўринишидаги комплекс факторни қўллаш билан жорий этиш ҳамда пахтани қайта ишлаш йирик ўлчамли технологик жиҳозлар сиртлари учун антифрикцион-ейилишбардошли гетерокомпозит полимер қопламалар олиш технологик регламентини ишлаб чиқиш ва жорий этиш натижалари келтирилган.

Тадқиқот натижаларининг кейинги ривожлантирилиши ва кенг қўлланилиши материалларни технологик жараён бўйича оптимал танлашни кўзда тутган «Сифат тизими»ни ишлаб чиқиб, уни қайта ишлашнинг ҳам

алоҳида босқичларида, ҳам охириги маҳсулот сифатини бутунлай назорат қилишда қўллаш билан таъминлайди.

ХУЛОСА

Мавжуд маълумотлар таҳлили асосида назарий ва амалий тадқиқотлар олиб бориш билан ишдаилк бор полимер материаллар ёрдамида пахтанинг фрикцион ўзаро таъсирланишувида ишқаланиш кучининг ташкил этувчиларини бошқариш имкони илмий асосланган ва пахта толасининг механик жароҳатланишини технологик жиҳозлар машина ва механизмлари учун конструкцион материаллар структуралари ва хусусиятларини оптималлаштириш орқали мақсадли созлаштириш таклиф этилган.

Олинган натижалар нафақат пахта билан фрикцион ўзаро таъсирланишувда ишлайдиган юқори самарали машинасозлик материаллари яратиш соҳасидаги назарий билимлар кўламини кенгайтиради, балки маҳаллий ашёвий ва энергия ресурсларидан рационал фойдаланиб, янгимашинасозлик материаллари яратишда композицион материалшуносликнинг ривожланиш истиқболларини белгилайди.

Табиий шароитдаги бевосита $710-750 \text{ W/m}^2$ қуёш радиациясининг 10-20 соат давомида таъсири керакли (95-98% мос равишда) қотиш даражали ва пахта билан ишқаланиш шароитида етарлича ишга лаёқатли гетерокомполит қопламалар олишни таъминлайди.

Асосий хулосалар сифатида қуйидагиларни таъкидлаш мумкин:

1. Фрикцион ўзаро таъсирланишувнинг структуравий параметрлари, жумладан қоплама нотекисликлари параметрининг барқарорлашган қиймати, унинг дастлабки қийматидан қатъий назар, пахта толасининг кўндаланг ўлчами (диаметри) билан нафақат нотекисликларнинг баландлик, балки қадамли параметрлари билан солиштирма ўлчовга келиб қолиши полимербоғловчилар асосидаги қопламаларнинг паст термомеханик хусусияти натижаси туфайли, пахтанинг энг кичик механик жароҳатланиши эса ламинар структурали тўлдирувчилар қўшилганда, уларни қопламада субмикронотекисликлар ҳосил қилувчи заррачаларнинг уваланувчанлиги ҳисобидан содир бўлиши аниқланди.

2. Материалларнинг фрикцион таъсирланишув механизмини ўрганиш асосида пахта толасини NaKMЦ, ПВХ, полиэтиленгликол, N,N-диметил-аминометакрилат бромли этил тузлари каби сувда эрувчи композицияларни қўллаб, толанинг мустаҳкамлик, антистатик ва бошқа хусусиятларини яхшилашда акцепторлик ролини бажариш билан бир қаторда тола механик жароҳатланишининг самарали камайишига монелик қилиши аниқлаб берилган.

3. Композит полимер қопламалар билан пахтанинг ўзаро фрикцион таъсирланишувида, ҳатто графитнинг жуда кам 2-5 массақисмда ҳам унинг ламинар структураси эвазига, авваллари илганмаган, электр ўтказувчан занжирчалар ҳосил бўлиши муқаррар эканлиги трибосистемада структуравий ва энергетик ўзидан-ўзи шаклланиши эвазига содир бўлиши илк бор белгиланди.

Волластонит ва каолин тўлдирувчилар таркибида металл оксидлари кўринишида мавжуд бўлиб, фрикцион таъсирланишувда фаоллашадиган металл атомлари муҳофазаловчи композитларнинг ёки сувнинг қутбланишган молекулалари билан ишқаланиш сиртининг барча контури бўйича барқарор электр ўтказувчи занжирчалар ҳосил қилиши тахминланди. Қайд этилган ҳодисалар моҳиятининг очилиши материалларнинг пахта билан фрикцион таъсирланишувда ўзига хос структуравий мослашув мавжудлигини яна бир бор алоҳида эътироф этишга имкон беради.

4. Механик фаоллаштирилган маҳаллий минераллар Ангрен каолини ва Қойтош волластонитини самарали тўлдирувчилар, госсиполсмоласи эса пахта билан антифрикцион эпоксид гетерокомполит активацион-гелиотехнология усулида шакллантирилган қоплама ишлаб чиқишда самарали структураловчи эканлиги белгиланди. Гетерокомполит эпоксид қоплама ҳажми бўйлаб микрозаррачаларнинг тенг тақсимланиши волластонит билан майдаланган полиэтиленни биргаликда, боғловчи қовушқоқлигига боғлиқ ҳолда маълум нисбатда, мақсадли вазифада олиш муҳимлиги кўрсатилди.

5. Механик фаоллаштирилган минералнинг ҳосил бўлган металл ионлари ГС функционал гуруҳлари билан, қурилманинг зарбий-майдалаш-ишқалаш самараси ўлароқ, тўлдирувчи ва боғловчи орасида адгезиянинг нафақат механик фаоллаштирилган минерал заррачанинг солиштирма сирти ошишигагина эмас, балки ГС нинг функционал фаол гуруҳлари билан наноконкомплексли бирикма ҳосил қиладиган ионлашган манбаларнинг кўпайиши ҳисобига содир бўлиши аниқланди.

ИҚ-спектрал таҳлиллар билан активацион-гелиотехнология усулида олинган гетерокомполит материалларда наноконкомплекс боғланишструктура ташкил қилиш механизми илк бор таклиф этилди.

6. Илкбор маҳаллий ашёвий-энергетик ресурслардан рационал фойдаланишни таъминлайдиган, йирик ўлчамли пахтани қайта ишлаш технологик машиналари ишчи сиртларида қопламаларга талаб қилинган структура ташкиллаштириш ва антифрикцион-ейилишбардош хусусиятли янги активацион-гелиотехнология усули таклиф этилди.

7. Маҳаллий минерал ашёлардан Ангрен каолини ва Қойтош волластонитини саноатда ишлаб чиқариш имкони мавжудлиги, кимёвий таркиби бир-бирига яқинлиги ва структура тузилиши билан фарқланиши кенг кўламли минерал ашёларга мансуб бўлиб, машинасозликка мўлжалланган композит материаллар учун тўлдирувчи сифатида қўлланиш потенциали мавжуд бўлган маҳаллий минерал ашёлар модель намунаси сифатида таклиф этилди.

8. Эпоксид гетерокомполит қопламаларнинг антифрикцион хусусиятини минерал тўлдирувчи қўллаш билан яхшилаш ва пахтанинг механик жароҳатланганлигини камайтиришда каолин, ейилишбардошликни оширишда волластонит самарали тўлдирувчилар эканлиги аниқланди. Каолиннинг ламинар структурасини оптимал амалга ошириш билан зарур ейилишбардошли

антифрикцион қоплама олиш, 5-10 масса қисмда, 50-100 μ фракцияли ва ўлчамларининг анизотропия коэффиценти 2 дан кам бўлмаган волластонит қўллаш билан эришиш мумкинлиги аниқланди.

9. Яратилган янги композициялар таркиблари, IAP 04645-сонли ва IAP 04774-сонли Ўзбекистон Республикаси патентлари билан химояланган бўлиб, комплекс хоссалари бўйича ўзларининг анъанавий аналогларидан пахта билан ўзаро таъсирланишувда ҳам f , ҳам δ_0 билан минимал қийматларини таъминлаш бўйича устун туради. Бинобарин, уларни шу бугунда истеъмолчи эҳтиёжини қондирадиган энг кам ашёвий-энергетик ва молиявий харажатларда, иш натижаларини кенг қамровли жорий этиш билан олиш мумкинлиги кўрсатилди.

10. Илмий - тадқиқот ишларини илк бор ишлаб чиқилган O'zDSt2822:2014 Ўзбекистон давлат стандарти бўйича конструкцион материалларнинг пахта билан фрикцион таъсирланишувдаги самарадорлигини тавсия этилган $f \cdot \delta_0$ комплекс фактор минимал қиймати билан баҳолаш асосида ташкил этиш тадқиқот ва синовларда DGU 01171- сонли ва DGU 01172-сонли ЭХМ дастурлари ҳамда трибопараметрларни ўлчаш ноаниқликларини баҳолаш методини қўллаш олинган натижалар ишонарлилигини таъминлаш билан бирга тадқиқот ўтказишдан унинг натижаларини жорий этишга қадар вақт ва меҳнат сарфини анча камайтиради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013. Т/ФМ.02.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЗИЯМУХАМЕДОВА УМИДА АЛИЖОНОВНА

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ПРИСПОСОБЛИВАЕМОСТИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИХ С ХЛОПКОМ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ
ПОЛУЧЕНИЯ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литьё. Термическая
обработка и обработка металлов под давлением. Металлургия чёрных,
цветных и драгоценных металлов
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент-2015

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № 30.09.2014/В2014.5.Т311.

Докторская диссертация выполнена в научно-исследовательских лабораториях ГУП «Фан ва тараккиёт» и на кафедре «Технология переработки нефти и газа» факультета нефти и газа Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни.

Полный текст докторской диссертации размещён на веб-странице научного совета 16.07.2013.Т/ФМ.02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана по адресу www.tdtu.uz/tadqiqitchi/dis_matn.htm.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский) размещён на веб-странице по адресу www.tdtu.uz/tadqiqitchi/avr.matn.htm и Информационно-образовательном портале «ЗИЙОНЕТ» по адресу www.ziyonet.uz

**Официальные
оппоненты:**

Михридинов Рискидин Михридинович
доктор технических наук, профессор

Ахмедходжаев Хамид Турсунович
доктор технических наук, профессор

Рискулов Алимжон Ахмаджонович
доктор технических наук, доцент

**Ведущая
организация:**

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

Защита состоится «14» марта 2015г. В 14⁰⁰ часов на заседании научного совета 16.07.2013.Т/ФМ.02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871)227-10-32, e-mail: tadqiqitchi@tdtu.uz

Докторская диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре (ИРЦ) Ташкентского государственного технического университета за № 5, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел. (99871)227-10-32)

Автореферат диссертации разослан «12» февраля 2015 года
(протокол рассылки №04 от «10» февраля 2015 года)

К.А.Каримов

Председатель научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор

Н.Дж.Тураходжаев

Учёный секретарь научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, к.т.н., доцент

Р.М.Михридинов

Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению учёной степени
доктора наук, д.т.н., профессор

АННОТАЦИЯ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность и востребованность темы диссертации. Современная техника, машины и механизмы, в том числе, технологическое оборудование, применяемое в хлопковой промышленности, должны обладать требуемой работоспособностью и эксплуатационной надёжностью. По этой причине, при обеспечении эксплуатационной надёжности машин по переработке хлопка, целевое применение высокоэффективных новых композиционных полимерных материалов наряду с совершенствованием конструкций оборудования, относится к числу актуальных научно-технических проблем, ожидающих своего решения.

Известно, что рабочие поверхности традиционно применяемых металлических материалов имеют технологические шероховатости и субмикронеровности с острыми вершинами, которые интенсивно повреждают хлопковое волокно в процессе его переработки, и, вместе с тем, приводят к снижению производительности и повышению энергопотребления из-за относительно высокой силы трения на их поверхностях за счёт высокой гидрофильности. Поэтому, целенаправленное применение эффективных композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе на рабочих поверхностях технологических машин и механизмов для обеспечения надёжности, повышения производительности и снижения энергоёмкости технологических машин, и сохранения природного качества хлопкового волокна за счёт снижения механической повреждаемости, является актуальным.

Решение отмеченной проблемы непосредственно связано с разработкой новой энерго- и ресурсосберегающей технологии формирования покрытий на основе эффективных полимерных материалов на рабочих поверхностях крупногабаритных технологических машин.

Фундаментальные исследования процесса структурной приспособляемости, являющегося одной из особенностей фрикционного взаимодействия в машиностроительном материаловедении, которому в настоящее время не уделено достаточного внимания, определяют дальнейшие перспективы развития материаловедения в трибосистеме «хлопок – полимерный композит». Высокая эластичность микро- и субмикронеровностей композиционных полимерных материалов и покрытий из них обеспечивает относительно меньшую силу трения с хлопком, позволяя в достаточной степени уменьшить его механическую повреждаемость. При этом, проведение комплексных исследований с учётом природы, состава, структуры и размеров частиц наполнителей для оценки количественного и качественного влияния технологических факторов на образование наноконкомплексных соединений на межфазном слое применением активационно-гелиотехнологического метода, является востребованной.

Постановление Кабинета Министров РУз «О программе модернизации и реконструкции предприятий хлопкоочистительной промышленности на 2007-

2011 годы» за №70 от 3 апреля 2007 года подтверждает актуальность и востребованность темы диссертации, посвящённой разработке новых составов и энерго- и ресурсосберегающей технологии получения высокоэффективных композиционных полимерных покрытий для рабочих органов технологического оборудования переработки хлопка.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Настоящая работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан: Ф-3 «Теория и методы применения возобновляемых источников энергии», Ф-7 «Теоретические основы химии, химической технологии, нанотехнологии», ППИ-15 «Создание наукоёмких, высокопроизводительных, конкурентоспособных, экспортоориентированных машин, оборудования, приборов и эталонных средств, методов измерений и контроля для промышленности, транспорта и водного хозяйств», ППИ-12 «Новые технологии получения органических, неорганических, полимерных и других естественных материалов».

Обзор международных научных исследований по теме диссертации.

Изучением приспособляемости поверхностных структур материалов в прирабочном процессе, вызванной энергетической самоорганизацией при внешнем трении для металлической трибосистемы, занимаются в научных центрах Германии (Немецкий научно-исследовательский институт материаловедения), Великобритании (Лондонский инженерный центр), России (НИИ Проблемы механики и НИИ машиноведения Российской академии наук), Украины (Сельскохозяйственная академия Украины). Исследованием структурной приспособляемости для металлополимерных трибосистем занимаются в научных центрах Белоруссии (Гомельский НИИ металлополимерных систем, Белорусский государственный университет), Латвии (Рижский технический университет). Исследованиями в области снижения повреждаемости хлопкового волокна и сохранения его природных свойств занимаются в научных центрах США (Ньюарк, лаборатория производства композиционных материалов, Мичиганский научный центр - Композиционные материалы и структуры), Канады (Университет Торонто) и Индии (Канпурский технологический институт).

В последние годы в научных исследованиях, проводимых учёными Германии (Немецкий научно-исследовательский институт материаловедения), Англии (Лондонский инженерный центр), России (НИИ Проблемы механики, НИИ Машиноведения), Украины (Сельскохозяйственная академия Украины) в качестве определяющего фактора приспособляемости были выбраны механические свойства материала, такие как твердость, прочность на растяжение и сжатие, а также модуль Юнга. Исходя из этого были разработаны новые металлокомпозитные материалы и оптимизированы конструкция и геометрические параметры трибосистем, обеспечивающие надежную работу машин. В исследованиях, проводимых в научных центрах Белоруссии

(Гомельский НИИ металлополимерных систем, Гродненский государственный университет) и Латвии (Рижский технический университет), выявлено, что наряду с механическими свойствами материалов на обеспечение надёжности трибосистемы, существенное влияние оказывает также их структурное строение. В научных центрах США (Научный центр производства композиционных материалов, Научный центр- Композиционные материалы и структуры), Канады (Университет Торонто) и Индии (Канпурский технологический институт) в целях сохранения природных свойств хлопкового волокна были синтезированы полимеры, применяемые в качестве облагораживающих веществ, где на основе изучения химического разрушения волокна были получены водорастворимые наноконпозиционные материалы и разработаны технологии их получения.

С позиции термодинамики необратимых процессов трибосистема полимер – хлопок является открытой термодинамической системой, сопровождаемой сложными физико-механическими и механохимическими явлениями. Адекватный перенос известных результатов мировой науки для трибосистемы полимер – хлопок не представляется возможным, и, следовательно, нуждается во всестороннем фундаментальном и прикладном исследованиях при создании машиностроительных композиционных полимерных материалов с заданными поверхностными структурно-механическими свойствами.

Степень изученности проблемы. Исследования приспособляемости с энергетической позиции для металлических трибосистем проводились Флайшером Г., Боуденом Ф.П., Тэйбором Д., Костецким Б.И., Бершадским Л.Н., для металлополимерных трибосистем - Машковым Ю.К., Клементьевым Н.М., Протасовым Б.В.

Механические свойства и влияние надмолекулярных структур на антифрикционно-износостойкие свойства металлополимерных систем исследовали белорусские ученые Белый В.А., Свиридёнок А.И., Струк В.А. и другие.

На сегодняшний день учёными Узбекистана достигнуты научные успехи по оптимизации поверхностных структур с управлением параметров технологических неровностей - Р.Г.Махкамовым, по применению композиционных полимерных материалов и физической модификации их свойств - С.С.Негматовым, по оптимизации конструкций и материалов технологических оборудований - А.Джураевым, по повышению абразивной износостойкости конструкционных сталей и сплавов совершенствованием их структуры термической обработкой - А.А.Мухамедовым, по повышению абразивной износостойкости композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе - А.Б.Джумабаевым, по оценке эффективности транспортёров, изготовленных из композиционных полимерных материалов - Х.Т.Ахмедходжаевым.

Однако до настоящего времени не изучено и не учтено количественное влияние структуры и свойства материалов на механическую повреждаемость хлопка, в частности, его волокна. Кроме того, не уделено достаточного внимания структурной приспособляемости при фрикционном взаимодействии композиционных полимерных материалов с хлопком и рациональному использованию местных материальных и энергетических ресурсов при разработке новых материалов и технологии в этой области.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ. Диссертационная работа выполнена согласно грантов Центра по науке и технологии при Кабинете Министров РУз Ф-2.1.40 – «Исследование термодинамических параметров и структурно-энергетических закономерностей фрикционного взаимодействия трибосистем полимер – хлопок» (2003-2007гг.), ГНТП 15-101 «Разработка эффективных антифрикционно-износостойких и антикоррозионных эпоксидных гетерокомполитов для покрытий сложно конфигурационных и крупногабаритных технологических машин активационно-гелиотехнологическим методом» (2009-2011 гг.) в Ташкентском государственном техническом университете, а также ГНТП-15-030 «Исследование деформационных закономерностей при фрикционном взаимодействии конструкционных и композиционных материалов с хлопком и разработка комплексных методов и средств для непосредственного определения фактической площади контакта» (2009-2011 гг.) в Научно-исследовательском институте стандартизации, метрологии и сертификации.

Целью исследования является создание эффективных композиционных полимерных покрытий, с учётом структурной приспособляемости при взаимодействии с хлопком и технологии их получения.

Для достижения цели сформулированы следующие **задачи исследования:**

обосновать целесообразность активационно-гелиотехнологического метода модификации структуры гетерокомполитов при разработке антифрикционных композиционных покрытий;

исследовать структурную приспособляемость различных по природе полимерных и композиционных покрытий при взаимодействии с хлопком в зависимости от основных эксплуатационных (энергетических) факторов;

выявить влияние облагораживания хлопка водорастворимыми полимерными композициями на трибопараметры фрикционного взаимодействия и на механическую повреждаемость хлопкового волокна;

исследовать влияние естественной солнечной радиации и механоактивации на структуру и свойства гетерокомполитных покрытий на основе местных минералов и отходов промышленности;

разработать составы и технологию получения высокоэффективных антифрикционных композиционных полимерных покрытий с использованием наполнителей из доступного и недорогого местного сырья и энергетических

ресурсов с оптимальными антифрикционно-износостойкими свойствами при фрикционном взаимодействии с хлопком;

разработать методику экспресс-определения триботехнических свойств конструкционных материалов с учётом их влияния на механическую повреждаемость хлопка-сырца и оценить технико-экономическую эффективность применения разработанных новых гетерокомпозитных покрытий на рабочей поверхности деталей технологических оборудования по переработке хлопка.

Объектом исследования является структурная приспособляемость композиционных полимерных материалов и покрытий из них антифрикционного назначения при взаимодействии с волокнистыми материалами, в частности, с хлопком.

Предмет исследования - физико-механическая и механо-химическая модификации при структурообразовании композиционных полимерных покрытий.

Методы исследования. Структурный анализ с использованием электронной и оптической микроскопии, ИК-спектроскопии, масс-спектроскопии, дисперсный, рентгеноструктурный и термомеханические методы анализа, микрометрирование, профилометрирование и математическая обработка с использованием компьютерных программ.

Научная новизна диссертационной работы состоит в:

предложении усовершенствованного механизма структурной приспособляемости геометрических и термодинамических параметров при взаимодействии различных по природе полимерных материалов;

раскрытии качественного и количественного влияния облагораживания на структурную приспособляемость;

установлении незамеченного ранее эффекта структурной приспособляемости композиционных материалов с хлопком, заключающегося в неизбежности образования электропроводящих цепочек, способствующих уменьшению плотности трибоэлектрического заряда, и, следовательно, величин коэффициента трения и относительной механической повреждаемости хлопка благодаря ламинарной структуре наполнителя;

выявлении эффективного структурообразующего модификатора госсиполовой смолы при получении гетерокомпозитных покрытий активационно-гелиотехнологическим методом;

предложении нового метода структурообразования с учётом градиентного распределения частиц наполнителя по толщине покрытия;

впервые предложенном механизме образования наноконкомплексных соединений механохимическим методом модификации при получении гетерокомпозитных покрытий активационно-гелиотехнологическим методом.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан и применён новый активационно-гелиотехнологический метод, обеспечивающий рациональное использование местных материально-

энергетических ресурсов, требуемые структуры и антифрикционно-износостойкие свойства композиционных полимерных покрытий для крупногабаритных технологических машин;

разработаны составы и технология получения антифрикционно-износостойких, при взаимодействии с хлопком, полимерных гетерокомпозиционных покрытий, для крупногабаритных технологических машин, позволяющие значительно снизить механическую повреждаемость хлопка;

разработан стандартный метод O'zDSt 2822:2014, обеспечивающий возможность достоверной оценки результатов научно-исследовательских работ сравнением.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием общеизвестных стандартных методов, обработкой полученных результатов структурной приспособляемости и триботехнических параметров с применением компьютерных программ, оценкой неопределённости полученных результатов и сопоставлением результатов исследований с известными данными.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Теоретическая значимость полученных результатов исследования состоит в том, что впервые предложен новый активационно-гелиотехнологический метод, обеспечивающий рациональное использование местных материально-энергетических ресурсов, требуемое структурообразование и антифрикционно-износостойкие свойства композиционных покрытий для крупногабаритных рабочих поверхностей технологических машин по переработке хлопка.

Результаты исследования не только расширяют круг знаний в области создания высокоэффективных машиностроительных материалов, работающих при фрикционном взаимодействии с хлопком, но и определяют перспективы развития композиционного машиностроения с рациональным применением местных материальных и энергетических ресурсов.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные новые составы композиций, защищённые патентами РУз № IAP 04645 и № IAP 04774, для покрытий рабочих поверхностей технологических оборудований, обеспечивают минимальное значение как f , так и δ_0 при взаимодействии с хлопком.

Использование в качестве наполнителя местных минералов Ангрэнского каолина и Куйташского волластонита, близких по химическим составам и различающихся структурным строением, путём механоактивации, может служить модельным образцом для применения других местных минералов и открывает потенциальные возможности для применения в качестве наполнителей композиционных материалов машиностроительного назначения.

Разработка и внедрение Государственного стандарта O'zDSt 2822:2014 имеет важное значение в широкомасштабном их применении с разработкой «Системы качества», предусматривающей оптимальный выбор материалов как по отдельным стадиям технологии переработки, так и в целом для контроля

качества конечной продукции в качестве нормативно-методического документа.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследования структурной приспособляемости композиционных полимерных покрытий при взаимодействии с хлопком:

разработан Государственный стандарт Республики Узбекистан O‘zDSt 2822:2014, который включён в государственный фонд нормативных документов Республики Узбекистан (Заключение агентства «O‘zstandart» №1886/09 от 25.12.2014г.);

разработаны композиции, защищённые патентами РУз №IAP04645, №IAP04774, которые внедрены на предприятиях Ассоциации «O‘zpraxtasanoat», в частности, АО «Кургантепинский хлопкозавод», АО «Суфикишлакский хлопкозавод», АО «Наманган №3 хлопкозавод» (2002-2009 гг.). Внедрение разработанных новых полимерных композиционных покрытий на рабочих поверхностях технологического оборудования позволило снизить механическую повреждаемость хлопкового волокна на 0,35-0,85 процента, дроблённость семян в 1,5-2 раза, повысить срок службы оборудования на 10-15 процентов, а также снизить энергопотребление на 8-10 процентов. (Заключение Ассоциации «O‘zpraxtasanoat» №20/2242 от 28.10.2014 г.)

Экономический эффект от внедрения разработанных гетерокомпозиционных покрытий на основе технологического регламента, переданного в ОАО «O‘zpraxtamash», составит 78,8 млн. сум (Заключение ОАО «O‘zpraxtamash» №525/680 от 26.10.2011 г.).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на международных и республиканских научных и научно-технических конференциях и симпозиумах, в т.ч., на European Polymer Congress 2005 (Moscow, Russia, 2005), XIX Ulusal Kimya Kongresi (Türkiye, 2005), «Композиты XXI века» (Саратов, Россия, 2005г.), «ТРАНСТРИБО-2005» (Санкт-Петербург, 2005), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства» (Ташкент, Узбекистан, 2008), на международных конференциях «INNOVATION – 2007» и «INNOVATION – 2009» (Ташкент 2007, 2009).

Полное содержание диссертационной работы докладывалось и обсуждалось на научных семинарах: кафедры «Технология переработки нефти и газа» ТашГТУ (Ташкент, 2013г.); Научно-технического совета факультета Нефти и газа ТашГТУ (Ташкент, 2013г.); ГУП «Фан ва тараккиёт» ТашГТУ (Ташкент, 2007, 2014г.); Научно-исследовательского института стандартизации, метрологии и сертификации (Ташкент 2014г.); на научном семинаре по специальности 05.02.01 – «Материаловедение в машиностроении» при Научном совете 16.07.2013.Т/ФМ.02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана (Ташкент, 2014г.).

Опубликованность результатов. Основное содержание диссертационной работы отражено в 40 работах, из них: одна монография, 21 статья в журналах Республики, СНГ и за рубежом, 14 - в материалах международных и республиканских научных конференций, 2 патента и 2 свидетельства Агентства интеллектуальной собственности РУз.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка 212 наименований использованной литературы и 8 приложений, изложена на 200 страницах, включает 40 рисунков и 33 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, а также объект, предмет и методы исследования, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрываются теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены результаты внедрения диссертационной работы в практику, сведения по апробациям и опубликованным работам, структуре и объёму диссертации.

Первая глава посвящена состоянию вопроса разработки антифрикционных материалов для рабочих органов технологических оборудований хлопкоперерабатывающих машин. Рассмотрены особенности фрикционного взаимодействия материалов с хлопком-сырцом. Отмечено, что сохранение природного качества хлопка может быть осуществлено не только оптимизацией поверхностных свойств материалов, из которых изготавливаются детали рабочих органов машин, но и применением водорастворимых полимерных композиций на поверхности хлопкового волокна, непосредственно участвующего во фрикционном контакте. Это обеспечивает наилучшие антистатические и антифрикционные свойства взаимодействующих материалов и целенаправленное регулирование их свойств для максимального сохранения качества перерабатываемого сырья.

На основе анализа современного состояния развития полимерного композиционного материаловедения в нашей стране, проводимого М.А.Аскарковым, С.С.Негматовым, С.Ш.Рашидовой, О.Яриевым, А.Ибодуллаевым, З.А.Таджиходжаевым, А.В.Умаровым, А.А.Рискуловым, и др. по созданию полифункциональных композиционных материалов различного назначения, в том числе, для машиностроения, взамен импортируемых и валютоёмких материалов, отмечена перспективность разработки новых материалов и технологий на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов.

Известно, что физической модификацией (γ -облучением, ультразвуком, обработкой в магнитном и электрическом полях и т.д.) можно улучшить

физико-механические и эксплуатационные свойства материалов, однако данные методы не применимы для модификации композиционных полимерных покрытий на поверхности крупногабаритных технологических оборудований.

Таким образом, обоснована целесообразность рационального использования местных материальных и энергетических ресурсов активационно-гелиотехнологическим методом модификации антифрикционных композиционных полимерных покрытий для крупногабаритных деталей машин по переработке хлопка, что позволило сформулировать цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена обоснованию материалов, выбранных для исследования и методам проведения экспериментов.

Впервые в качестве эффективного структурообразования обоснована целесообразность применения активационно-гелиотехнологического метода структурообразования, позволяющего рациональное использование местных материально-энергетических ресурсов.

В качестве объектов исследований для покрытий выбраны полимерные материалы на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), пентапласта (ПНП), эпоксидного и фураноэпоксидного компаундов (на основе смол ЭД-16, ЭД-20 и ФАЭД-20) и наполнителей: графит, железный порошок, фторопласт, цемент, а также каолина и волластонита из местного сырья. В качестве модельных и контрольных образцов использована сталь (Ст.3) как широко применяемый конструкционный материал в крупногабаритных рабочих органах технологических машин по переработке хлопка. Покрытия на основе термопластичных полимеров (ПЭВП и ПНП) получали методом оплавления, а на основе терморезактивных (ЭД-16, ЭД-20 и ФАЭД-20) с использованием пластификатора - дибутилфталата (ДФФ) и отвердителя - полиэтиленполиамин (ПЭПА), с холодным отверждением в течение 24 часов и последующей термообработкой при 110-120 °С в течение 2 часов.

Для экспериментального исследования физико-механических свойств и триботехнических характеристик композиционных полимерных покрытий при их фрикционном взаимодействии с хлопком нами выбраны традиционные органические, неорганические, металлические и минеральные наполнители: фторопласт, графит, железный порошок, цемент и каолин, имеющие промышленный выпуск. Среди них каолин (Ангренский) является местным и доступным сырьём. Кроме того, выбран Койташский волластонитовый концентрат с наибольшим выходом 3,88; 44,25 и 49,6, с различными дисперсностями $d \leq 0,005$; $d \leq 0,05$ и $d \leq 0,1$ mm, соответственно. Выбор указанных фракций обусловлен ещё и тем, что мелкодисперсный волластонитовый концентрат содержит большее количество металлов, чем тонкоизмельчённый, что важно для обеспечения тепло- и поверхностных электропроводящих свойств композиционных материалов (КПМ) и покрытий из них (КПП), а также для прочностных показателей материала покрытий и для образования наноконструктивных соединений.

Для эксперимента использован средневолокнистый хлопок-сырец (ХС) Ташкент-3, Ташкент-6 и С - 65-24 с кондиционной влажностью (8-12%) и засорённостью от 3 до 12%.

Механохимическую активацию местных природных минералов: Ангренского каолина, Койташского волластонита с предварительно измельчённым полиэтиленом производства Шуртанского газохимического комплекса осуществляли на диссmembраторной установке «Kompozit-222», реализующий ударно-раскалывающий и истирающий эффекты, обеспечивающей механоактивацию как за счёт увеличения удельной поверхности частиц, так и за счёт образования гетерогенных поляризованных дипольных моментов на поверхности истирания с последующей химической активацией добавлением полифункционального структурообразующего агента – госсиполовой смолы (ГС).

В качестве контролируемых параметров выбрали установившиеся значения неровности поверхности покрытий (R_z), поверхностное электрическое сопротивление (ρ_s), поверхностную плотность трибоэлектрического заряда (σ_s), температуру ($T_{тр}$) в зоне трения, а в качестве основных трибопараметров выбрали коэффициент трения (f), относительную к металлической поверхности механическую повреждаемость (δ_0) ХС и интенсивность линейного изнашивания (I_1) покрытий.

Определение шероховатости исследуемых поверхностей и обработка результатов исследования осуществлены с использованием специально разработанной программы №DGU 01172.

Для определения физико-механических свойств дисперсных систем, материалов, покрытий и эксплуатационных свойств композиционных материалов использованы общеизвестные стандартные методы и приборы.

Структурные параметры поверхностей взаимодействующих материалов изучали при помощи профилограф-профилометра «Калибр ВЭИ» модели 283, электронной (РЭМ-1002) и оптической микроскопии (МИН-8, МБИ-6). Механические свойства (микротвердость) исследовали с помощью ПМТ-3 и маятникового прибора МЭ-3, термомеханические свойства материалов покрытий – на дериватографе Q-102, адгезионную прочность – на разрывной машине F01.

Трибопараметры фрикционного взаимодействия были исследованы на дисковом трибометре по ГОСТ-23.223-85, а также на микротрибометре, по методу Мехау, по стандартной методике P54-308-90.

Третья глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям структурной приспособляемости полимерных материалов и покрытий из них, взаимодействующих с хлопком-сырцом.

Исследования по приработочному процессу с энергетической позиции за рубежом для металлических трибосистем ведутся известными учёными: Костецким Б.И., Бершадским Л.И. (Украина), Климентьевым Н.М., Протасовым

Б.В. (Россия), для металлополимерных трибосистем – Машковым Ю.К. (Белоруссия).

Влияние механических свойств и надмолекулярных структур на антифрикционно-износостойкие свойства металлополимерных систем достаточно хорошо изучены научной школой белорусских учёных: Белого В.А., Свириденко А.И., Струк В.А и др.

В нашей республике структурно-энергетическая самоорганизация для металлических трибосистем в машиностроении развивается благодаря работам Махкамова К.Х. и Хачатурьян С.В.

Однако адекватное перенесение результатов этих работ на системы полимер-хлопок не возможно из-за специфичности процессов взаимодействия и особенности структурной приспособляемости выбранного для исследования нами объекта.

Наши исследования показали, что с позиций термодинамики необратимых процессов, трибосистема (ТС) полимер-хлопок (ПХ) является открытой неравновесной термодинамической системой. При фрикционном взаимодействии (ФВ) возникают непрерывные неравновесные процессы энергопередачи и диффузии, которые являются следствием различия в значениях термодинамических параметров, таких как σ_z , $T_{тр}$ и их неравномерная концентрация на фактических площадях контакта (ФПК) под воздействием энергетического фактора: произведения давления на скорость скольжения ($p \cdot v$).

В табл.1 представлены результаты исследования установившихся значений параметров фрикционного взаимодействия полимерных покрытий с хлопком после трехчасового испытания при $p \cdot v = 0,10$ МПа·м/с.

Таблица 1

Структурные, термодинамические и трибопараметры некоторых полимерных покрытий при трении с ХС

Материал покрытия	Параметры ¹					
	$\sigma \cdot 10^3, \text{С/м}^2$	$T_{тр}, \text{К}$	R_z, μ	δ_0	f	$I \cdot 10^{10}$
ПНП	3,1	306	11,2	0,28	0,29	3,1
ПЭВП	5,8	324	18,5	0,57	0,43	17,5
ЭДК ²	4,3	307	7,5	0,41	0,32	2,2
ФАЭДК ²	6,2	317	12,3	0,46	0,38	7,2

Примечания: ¹ Режим трения $p \cdot v = 0,1$ МПа·м/с; $T_0 = 295$ К; засоренность и влажность хлопка 3,2 и 8,8% соответственно; ² Компаунды на основе ЭД-16 и ФАЭД-20 без наполнителя.

Видно, что термодинамические и трибопараметры фрикционного взаимодействия существенно отличаются в зависимости от вида и свойств материала покрытий и имеют некоторую общую закономерность: чем больше значения термодинамических параметров фрикционного взаимодействия, тем больше сила трения и, следовательно, интенсивность изнашивания покрытий и механическая повреждаемость хлопка.

Это удовлетворительно можно объяснить исходя из деформационных свойств взаимодействующих материалов и их изменением в процессе термомеханического воздействия, что обосновано методами ДТ и ТГ анализов и термомеханических характеристик полимерных материалов.

Анализы профилограммы поверхностей покрытий, в частности, величина R_z (табл.1) и результатов оптической микроскопии (рис. 1 a-d) показали существенное изменение параметров шероховатости не только по высоте неровности, но и по шаговым параметрам, значения которых становятся соизмеримыми с поперечными размерами (диаметром) хлопкового волокна.

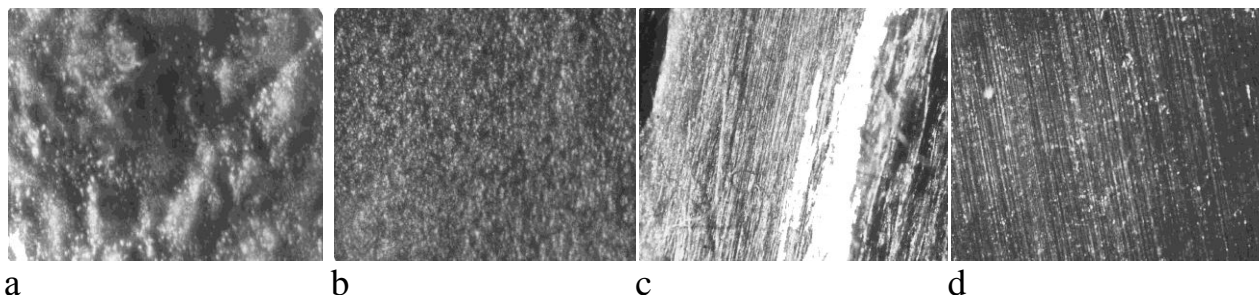


Рис.1 Микрофотография (x50) исходной (a,b) и приработанной (c,d) поверхностной структуры покрытий из ПЭВП, (a,c) и из ПНП (b,d) при $pv=0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$

Эти результаты исследований позволяют заключить, что в процессе структурной приспособляемости для формирования равновесной шероховатости существенное влияние на неё оказывает не только засоренность хлопка, состоящая, в основном, из абразивных включений, как утверждалось раньше, но и поперечный размер (диаметр - d_b) хлопкового волокна.

Таким образом, можно предположить, что в период нестационарного режима фрикционного взаимодействия процесс самоорганизации характеризуется образованием в условиях термомеханического воздействия динамических анизотропных трибоструктур, обеспечивающих существенное снижение энергии активизации вязкого течения. В процессе нестационарного фрикционного взаимодействия при определенном критическом значении потока энергии - энтропии внешнего воздействия (нагружения - давления и скорости скольжения, среды - влажности) возникают новые, диссипативные устойчивые структуры.

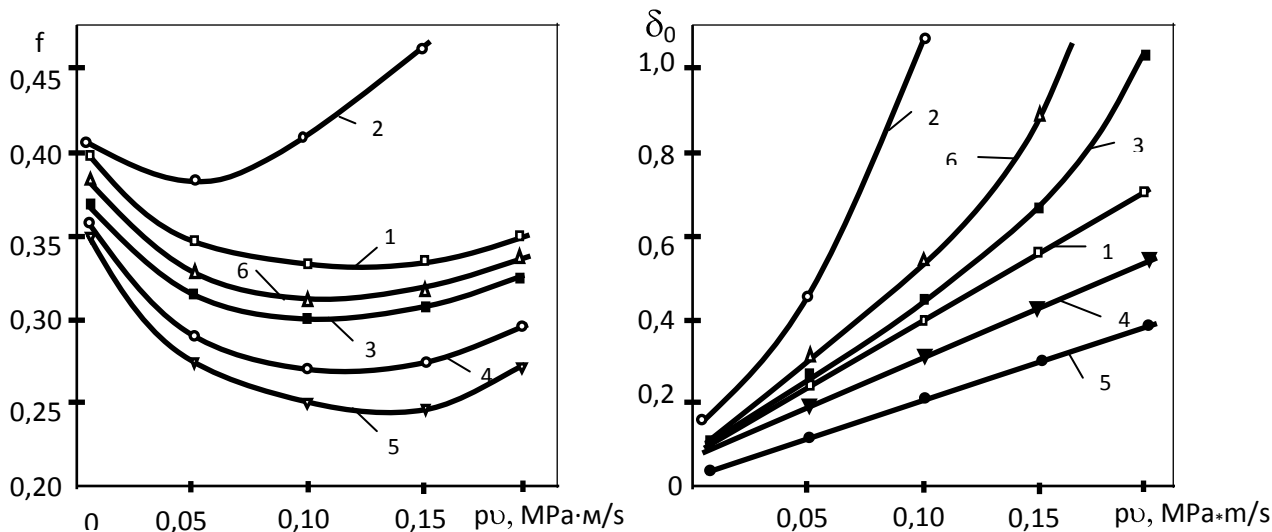
Специфика фрикционного взаимодействия волокнистой массы с шероховатыми поверхностями, в частности, с поверхностями полимерных и композиционных покрытий, заключается в неизбежности явления зацепления волокон о неровности контртела. При этом условии значительно увеличивается механическая составляющая сил трения, интенсифицируя повреждаемость хлопковых волокон. Вклад механической составляющей сил фрикционного взаимодействия в этих условиях становится доминирующим, величина которого, главным образом, зависит от соотношения d_b/R_z .

Показано, что изменение величины трибопараметра f связано с изменением значений структурного параметра R_z , установившаяся величина, которой может как увеличиться, так и уменьшаться в зависимости от начального значения шероховатостей для конкретного режима фрикционного взаимодействия. Время приработки и соответствующая величина установившихся значений структурных и трибопараметров различны в зависимости от вида и свойств материала покрытий.

Известно, что при равных и прочих условиях снижение как молекулярной, так и трибоэлектрической составляющих фрикционного взаимодействия КПП с ХС может быть осуществлено введением электро- и теплопроводящих наполнителей.

На рис.2 представлены результаты исследования зависимости f и δ_0 композиционных эпоксидных покрытий от энергетического фактора $p\nu$ и от вида наполнителя.

Видно, что наиболее эффективным в широких пределах $p\nu$ как по f , так и по δ_0 являются электро- и теплопроводящие наполнители с ламинарной (чешуйчатой) структурой – графит и каолин. Хотя эпоксидные композиционные покрытия, наполненные железным порошком и волластонитом, обеспечивают относительно высокую работоспособность по стабильной величине f , но отличаются сравнительно высокой δ_0 .



1 – без наполнителя; 2 - ЭДК+фторопласт; 3- волластонит; 4- каолин;
5 – графит; 6 – железный порошок

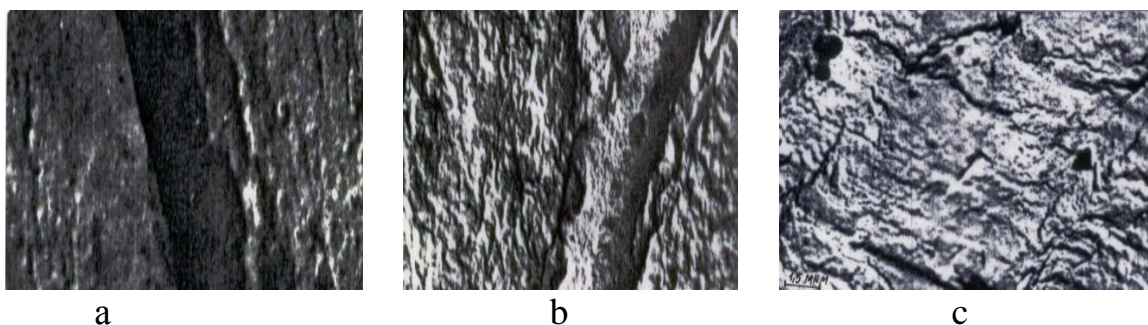
Рис.2. Зависимости f и δ_0 композиционных эпоксидных покрытий от $p\nu$

Наихудшая работоспособность как по f , так и по δ_0 наблюдается у композиционного эпоксидного покрытия, наполненного фторопластом, широко применяемым в различных трибосистемах для антифрикционного назначения. Аналогичные закономерности были получены для композиционного покрытия на основе термопластичного пентапласта.

По результатам анализа поверхностной структуры электронной микроскопии (рис.3) установлено, что при взаимодействии хлопка с композиционными покрытиями, наполненными твердым электро- и теплопроводящим наполнителем зернистой структуры – железным порошком и упрочняющего армированием - волластонитом, обнаружены глубинные микрорезы в волокне (рис.3.б), а при взаимодействии с аналогичными покрытиями, наполненными каолином, имеющим ламинарную структуру и обладающим расщепляемостью, видны следы истирания (рис.3.с).

Отрицательный эффект по величине как f , так и δ_0 , наблюдаемый при введении органического наполнителя фторопласта, объясняется снижением прочностных свойств и повышением деформации материала покрытий. В результате чего с увеличением энергетического фактора ρv величина f растет не только за счет интенсивного роста молекулярной и трибоэлектрической составляющих, но и за счет доминирующего влияния механической составляющей вследствие увеличения глубины деформации, а также роста силы зацепления волокон за неровности покрытий.

При анализе профилограмм поверхности после приработки обнаружено существенное изменение параметров микрогеометрии до значений, соизмеримых с поперечными размерами хлопкового волокна.



- а) глубинные микрорезы острыми вершинами частиц наполнителя железного порошка; б) следы пластической деформации с твердыми частицами волластонита; с) следы истирания каолином.

Рис.3. Электронно-микроскопические снимки реплик волокна с характерными видами повреждения (РЭМx5000)

Полученные результаты исследований ещё раз убедительно показывают существенное отличие природы фрикционного взаимодействия и особенности структурной приспособляемости данной трибосистемы по сравнению с другими. Это позволяет сделать важный вывод о том, что повреждение хлопкового волокна происходит не только по усталостному механизму, как утверждалось раньше, но и по абразивному механизму разрушения, в особенности при взаимодействии с композиционными покрытиями, наполненными твердыми частицами типа железного порошка, острые вершины которых способны образовывать микрорезы в волокне.

В четвертой главе «Основы управления поверхностной структурой и свойствами материалов антифрикционного назначения для сохранения природного свойства хлопка» приводятся результаты влияния облагораживания хлопкового волокна и размеров частиц наполнителя на структурную приспособляемость взаимодействующих материалов.

В условиях многократного воздействия механической нагрузки, в том числе, фрикционного взаимодействия, хлопковое волокно не только механически повреждается, но и происходят различного рода деструкции макроцепи с образованием свободных радикалов, которые могут стабилизироваться при взаимодействии с каким-либо акцептором, источником которого могут служить облагораживающие водорастворимые композиции.

Для исследования механизма взаимодействия облагороженных в лабораторных условиях хлопковых волокон с антифрикционными полимерными покрытиями были использованы покрытия из термопластичного пентапласта (ПНП) и из терморективного эпоксидного компаунда на основе ЭД-16. Выбор этих полимеров обусловлен тем, что в настоящее время достаточно хорошо изучены триботехнические и другие свойства композиционных покрытий на их основе, относящиеся к классу слабополярных и полярных полимеров, соответственно.

Эксперименты, проводившиеся при разных эксплуатационных режимах значений фактора ρv (таб.2), показали, что трибопараметры пентапластовых и эпоксидных покрытий существенно зависят от вида водорастворимой композиции, применяемой для облагораживания хлопка.

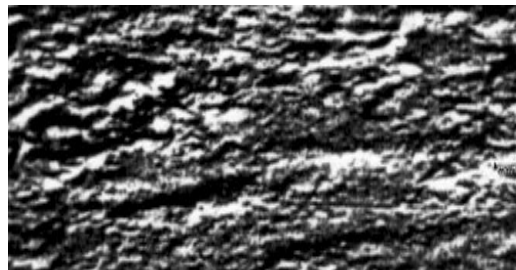
Таблица 2

Триботехнические свойства эпоксидных и пентапластовых покрытий с облагороженным и необлагороженным хлопком при разных ρv

Вид трибосистемы	Триботехнические свойства после приработки в течение одного часа при ρv , МПа·м/с							
	0,05				0,1			
	$\sigma_3 \cdot 10^5$, С/м ²	R_z , μ	f	δ_0	$\sigma_3 \cdot 10^5$, С/м ²	R_z , μ	f	δ_0
ЭДК - ХС	2,10	5,2	0,35	0,24	4,3	7,5	0,32	0,41
ЭДК - ХС (ОПВК-1)	1,84	4,8	0,38	0,17	3,5	6,8	0,34	0,32
ЭДК - ХС (ОПВК-2)	1,62	4,7	0,40	0,19	3,2	6,5	0,35	0,38
ПНП – ХС	1,42	4,3	0,28	0,18	3,1	11,2	0,29	0,34
ПНП - ХС (ОПВК-1)	1,36	4,2	0,30	0,16	2,8	9,3	0,31	0,28
ПНП - ХС (ОПВК-2)	1,32	4,2	0,31	0,17	2,6	9,1	0,32	0,31

При этом следует отметить, что сравнительно высокий f наблюдается с хлопком, облагороженным композицией ОПВК-2. Причем величина f облагороженных хлопковых волокон всегда выше по сравнению с контрольными волокнами, несмотря на некоторое снижение плотности

трибоэлектрического заряда. Это объясняется тем, что облагороженные хлопковые волокна, имея сглаженную поверхность (рис.4) и поверхностно активные вещества акцепторной природы, усиливают адгезионные составляющие сил трения, преимущественно, за счет межмолекулярного взаимодействия. Величина δ_0 после одночасового испытания при 0,1 МПа·м/с, как и следовало ожидать, несколько ниже контрольной. Причем наименьшее значение δ_0 наблюдается у хлопка, облагороженного композицией ОПВК-1. Пентапластовые покрытия оказываются более предпочтительными при фрикционном взаимодействии с облагороженным хлопком.



а - не облагороженное волокно;

б – облагороженное волокно

Рис. 4. Электронно-микроскопические реплики поверхности хлопкового волокна Ташкент-3 (РЭМx5000)

Таким образом, на основе полученных результатов можно заключить, что облагораживание хлопка оказывает положительное влияние на сохранение природного свойства за счет экранирования полимерными композициями и сохранением влажности в волокне, обеспечивающего его прочность, несмотря на некоторое увеличение силы трения в зоне фрикционного взаимодействия.

Для данной трибосистемы важнейшими термодинамическими параметрами, существенно влияющими на трибопараметры, являются температура и плотность трибоэлектрического заряда.

В этой связи проведены исследования по влиянию долевых и доминирующих влияний этих двух основных физических факторов.

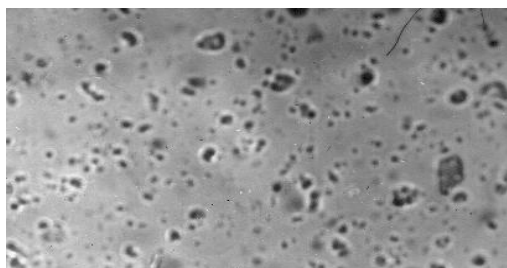
Следует отметить, что влияние температуры настолько существенно, что приближение её величины к температуре размягчения полимеров, особенно термопластичных, приводит к патологическим явлениям. При этом интенсивно растут все трибопараметры фрикционного взаимодействия, независимо от вида материала покрытий.

Другим важнейшим фактором, определяющим величину установившейся шероховатости КПП, и, следовательно, механическую повреждаемость хлопка, являются геометрические размеры и свойства вводимого наполнителя.

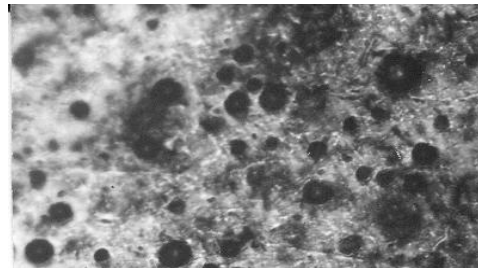
Для изучения влияния размера частиц наполнителя выбраны волластонитовый концентрат различной дисперсности: $0,05 \leq d \leq 0,1$ мм; $0,005 \leq d \leq 0,05$ мм; $d \leq 0,005$ мм, при одинаковых содержаниях 50 мас.ч.

Экспериментально показано, что, несмотря на некоторое снижение σ , наблюдается увеличение f и δ_0 , имеющего тенденцию в сторону уменьшения размера частиц наполнителя.

Для снижения термодинамических и трибопараметров нами проводились оптимизационные экспериментальные исследования введением электропроводящего графита, обладающего расщепляемой структурой на приработанных поверхностях эпоксидных покрытий (рис.5).



а – исходная поверхность



б – после приработки

Рис.5. Фотоснимки (x100) поверхности эпоксидного покрытия, наполненного 5 мас.ч. графитом, при режиме испытания $\rho v=0,1$ МПа·м/с, $t=1800$ s (контр тело - хлопок С-65-24)

Установлено, что с увеличением содержания графита от 1 до 20 мас.ч. наблюдается некоторое линейное снижение δ_0 и f , несмотря на интенсивное падение σ , в результате снижения ρ_s на 3-5 порядка.

Отмеченное явление объясняется тем, что на приработанной поверхности покрытия появляются расщеплённые мельчайшие частицы графита, видимые даже визуально (см. рис 5. б), которые образуют электропроводящие цепочки на локальных зонах поверхности трения, являющихся мостиками энтропийных сигналов. Причём для обеспечения оптимального значения δ_0 и f при высокой износостойкости покрытий достаточно небольшое количество 2-5 мас. ч. чешуйчатого графита.

Эти результаты исследования позволили обнаружить неизвестное ранее явление образования электропроводящих цепочек из ультрамелких частиц графита, достигаемых при его значительно меньших содержаниях, обеспечивающих оптимальные термодинамические и триботехнические свойства приработанным поверхностям многокомпонентных гетерокомпонентных покрытий.

Таким образом, на основе анализа результатов исследования по данной главе можно предположить, что активизируемые в процессе фрикционного взаимодействия атомы металлов, находящиеся в составе оксидов металлов, входящих в состав наполнителя волластонита и каолина, наряду с поляризованными макромолекулами облагораживаемых композиций или

атомами молекулы воды (влажности хлопка) также способствуют образованию устойчивых электропроводящих цепочек по всей контурной поверхности фрикционного взаимодействия.

Пятая глава посвящена технологическим основам структурообразования и формирования гетерокомпозитных покрытий для крупногабаритных технологических оборудований.

Из-за больших габаритов и сложной конфигурации деталей рабочих органов технологических машин по переработке хлопка в настоящее время не представляется возможным подвергать КПП известным методам их физической модификации на поверхности деталей рабочих органов машин.

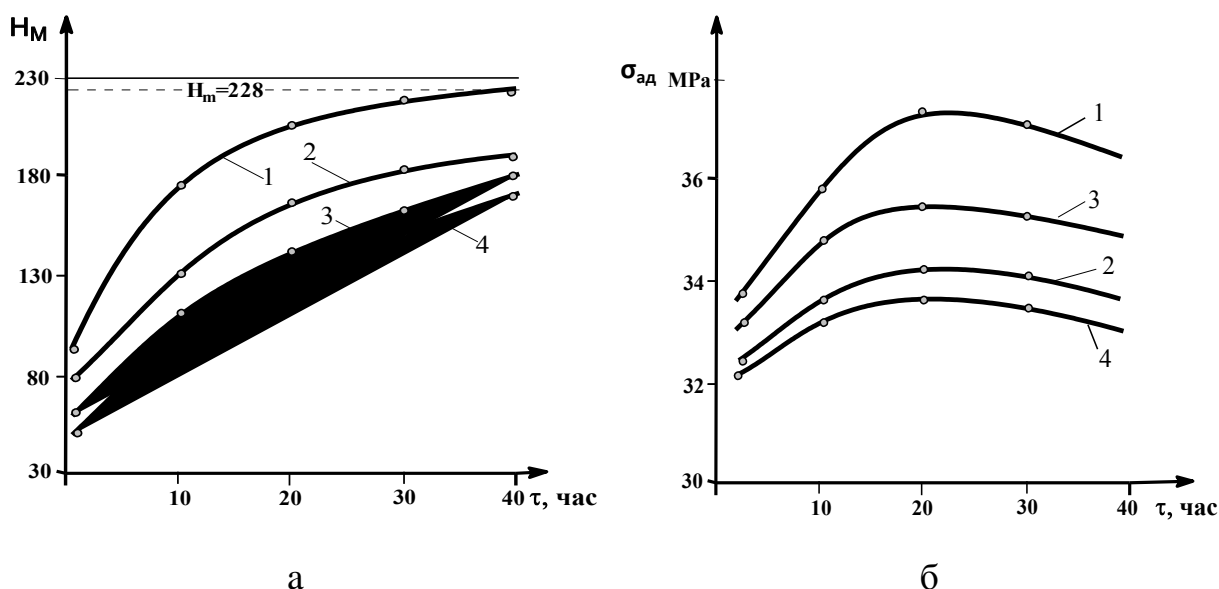
Поэтому в качестве полимерных связующих были выбраны термореактивные полимеры – ЭД-20 и ФАЭД-20, отверждённые полиэтиленполиамином (ПЭПА) в количестве 10 и 12 мас. ч., соответственно, обеспечивающим холодное отверждение. В качестве пластификатора выбраны традиционно используемый ДБФ и вторичное сырьё ГС в количестве 10 мас. ч. каждого.

Исследована закономерность отверждения эпоксидных и фураноэпоксидных композиций различного состава, отверждённых на солнце и в тени. Эксперименты проводились в августе месяце в условиях города Ташкента при температуре окружающей среды (T_{oc}) в тени 30 ± 2 и 42 ± 2 °С на открытой местности. Интенсивность естественной солнечной радиации составила $710-750 \text{ W/m}^2$.

Исследования показали, что формирование гетерокомпозитных покрытий под воздействием естественной солнечной радиации значительно (в два-три раза) ускоряет отверждение. При этом установлено, что содержание ПЭПА практически не влияет на процесс отверждения и оптимальным является 10 и 12 мас.ч. для ЭД-20 и ФАЭД-20, соответственно, что было выбрано нами в дальнейших исследованиях.

На рис. 6 показаны результаты экспериментального исследования изменения микротвердости, качественно характеризующей степени сшивки эпоксидных и фураноэпоксидных покрытий, а также адгезионной прочности от продолжительности солнечной радиации.

Видно, что после 30 часового воздействия солнечной радиации микротвердость покрытия плотно приближается к микротвёрдости термообработанных эпоксидных ($H_{MЭ}=228 \text{ МПа}$) и фураноэпоксидных ($H_{MФ}=182 \text{ МПа}$) покрытий, что свидетельствует о достижении максимальной степени отверждения (рис.6 а). Частичная замена (до 50%) ДБФ с ГС несколько снижает механические свойства как эпоксидных, так и фураноэпоксидных покрытий, что, по-видимому, связано с лучшей пластифицирующей способностью. Это можно объяснить некоторым увеличением значения адгезионной прочности ЭДК и ФАЭДК, имеющих в составе ГС, не зависимо от продолжительности времени обработки (рис.6.б).



1-ЭД+20 мас.ч. ДБФ, 2- ЭД+10 мас.ч.ДБФ и 10 мас.ч.ГС,
3-ФАЭД + 20 мас.ч. ДБФ, 4-ФАЭД+10 мас.ч.ДБФ и 10 мас.ч.ГС

Рис. 6. Зависимость микротвёрдости (а) и адгезионной прочности (б) гетерокомпозитных эпоксидных (1,2) и фураноэпоксидных (3,4) покрытий от продолжительности воздействия солнца в естественных условиях

При этом также было установлено некоторое увеличение ударной прочности эпоксидных и фураноэпоксидных покрытий, модифицированных ГС, обеспечивающее их эксплуатационную долговечность.

Наши исследования показали, что в процессе формирования покрытий в обычных условиях крупные частицы наполнителя, за счет их сравнительно меньшей удельной поверхности, оседают к подложке. В результате неравномерного распределения частиц наполнителя по объему покрытия и их чрезмерное увеличение в разделе фаз покрытие-подложка снижает адгезионную прочность. Это приводит к преждевременному отслаиванию покрытий.

С другой стороны, армирующий эффект волластонита реализуется благодаря его игольчатой форме, при коэффициенте анизотропии размеров частиц $k_{ан} = l:b \geq 2$ и выше. А выбранный нами волластонитовый концентрат $50 \leq d \leq 100 \mu$ имеет $k_{ан} = 4,0-4,5$, что очень важно для реализации армирующего эффекта игольчатой формы волластонита в эпоксидных гетерокомпозиатах, приводящих к существенному повышению износостойкости, обеспечивающей требуемый срок службы покрытий.

Эксперименты показали, что при обработке на дисмембраторной установке волластонитового концентрата в течение 600 s образуется измельченный волластонит дисперсией $d \leq 20 \mu$. При этом, значения k_a этих

частиц находятся в пределах 1,0-1,2, что по структуре становится обычным зернистым наполнителем и не обладает армирующей способностью.

В связи с этим выбрали время механоактивации волластонитового концентрата 30-50 сек., что обеспечило анизотропию размеров частиц волластонита равными 2,5-3,0 при размерах частиц $50 \leq d \leq 100 \mu$ (режим механоактивации: $n=2800$ об/мин., рабочий зазор $\Delta=0,5$ mm.) рис.7.

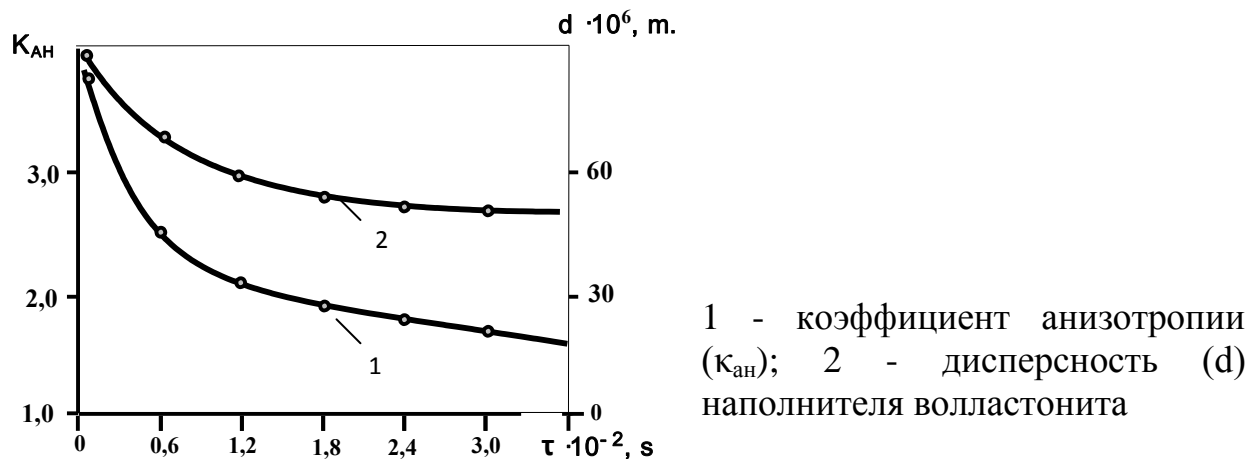


Рис 7. Зависимость дисперсности частиц наполнителя (d) и коэффициента анизотропии его размеров от времени механоактивации

Для достижения желаемого эффекта с использованием крупнодисперсного волластонита нами проводились специальные эксперименты совместной механоактивации волластонита на дисмембраторе в течение 40-50 с с предварительно измельчённым (0,2-0,5 mm) полиэтиленом в следующих соотношениях: 50:10, 50:8, 50:6, 50:4, 50:2 (волластонит: полиэтилен). Полученные таким способом бинарные наполнители минерально-органического происхождения не оседают и равномерно распределяются по толщине покрытия за счёт реализации «парашютного» эффекта активированными частицами полиэтилена. В этом случае нет необходимости вращения образцов с покрытием для оптимального структурообразования (табл.3).

Видно, что наблюдается некоторое снижение δ_0 , несмотря на увеличение как термодинамических (σ_z , $T_{тр}$), так и триботехнических (f , I_1) параметров, при увеличении содержания полиэтилена в бинарных наполнителях. Это можно объяснить снижением микротвердости поверхности и повышением эластичности микровыступов покрытий при введении полиэтилена.

Таким образом, найден эффективный способ использования органоминерального наполнителя из местного сырья, обеспечивающий новые свойства материалам и структурообразование эпоксидных гетерокомпозиционных покрытий, достигаемых совместным механоактивированием минерала и полимера на дисмембраторной установке в определённых соотношениях.

Влияние соотношения механоактивированных минеральных и органических наполнителей композиционных эпоксидных покрытий на трибопараметры фрикционного взаимодействия их с хлопком

Соотношения (в мас.ч.) механоактивированных наполнителей (Волластонит/ПЭ)	Триботехнические свойства				
	$T_{тр}, K$	$\sigma_s \cdot 10^4, C/m^2$	f	δ_0	$I_f \cdot 10^{10}$
50:02	302	21.1	0.25	0.36	1.6
50:04	308	23.5	0.27	0.31	2.5
50:06	310	26.2	0.29	0.30	3.1
50:08	313	29.4	0.32	0.26	3.8
50:10	321	35.2	0.35	0.25	5.6

Другим, не менее важным с экономической точки зрения структурообразующим минералом для композиционных полимерных материалов, является каолин. Механоактивацию ангренского первичного каолина производили на дисмембраторной установке в течение 5 минут, затем в соотношениях 20:10 добавляли ГС и перемешивали в шаровой мельнице в течение 10-15 мин., т.е. времени, достаточном для получения однородной гомогенной массы.

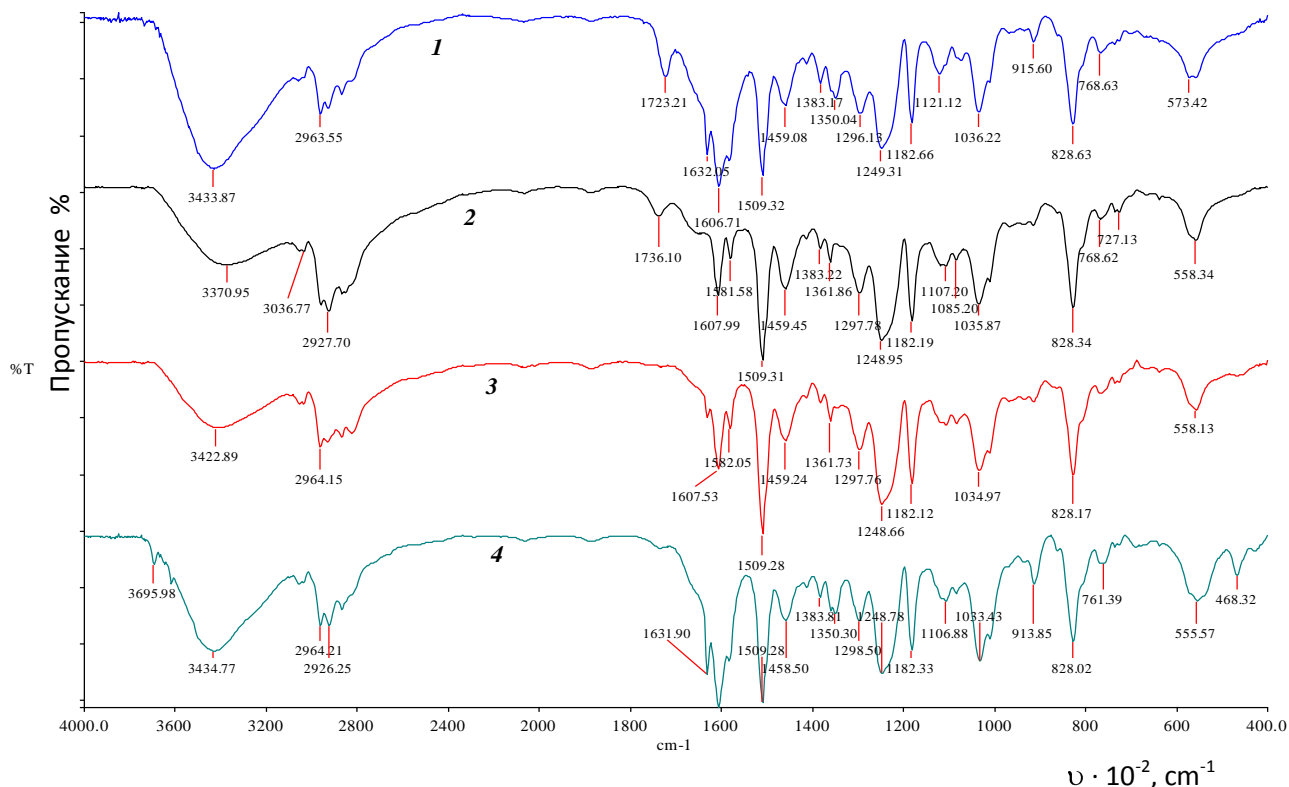
Полученные таким образом механохимически активированные компоненты композиции являются наиболее приемлемыми для структурообразования при производстве композиционных материалов. Оксиды переходных металлов, присутствующие в природных минералах, при механоактивировании образуют гетерогенно-поляризованные дипольные моменты, способные образовывать наноконплексные соединения боковыми функциональными группами связующего и модификатора ГС, полифункциональные свойства которого создают благоприятные условия для структурообразования гетерокомполитов.

Анализ ИК-спектров поглощения компаунда на основе ЭД-20, полученного традиционным методом (рис. 8.1, 8.2), и спектров поглощения гетерокомполитов, полученных активационно-гелиотехнологическим методом (рис. 8.3, 8.4), свидетельствует о наличии изменений в области поглощения связей деформационных колебаний аммониевых солей.

Для раскрытия эпоксидного кольца под действием нуклеофильных реагентов необходимо электрофильное содействие, т.е. предварительная активация эпоксиды. Исходя из этих представлений, одна молекула амина ПЭПА выступает как нуклеофильный реагент, а вторая — протонодонор.

При этом можно предположить, что ионы металлов, образованные при механоактивации, играют хорошую структурообразующую роль совместно с

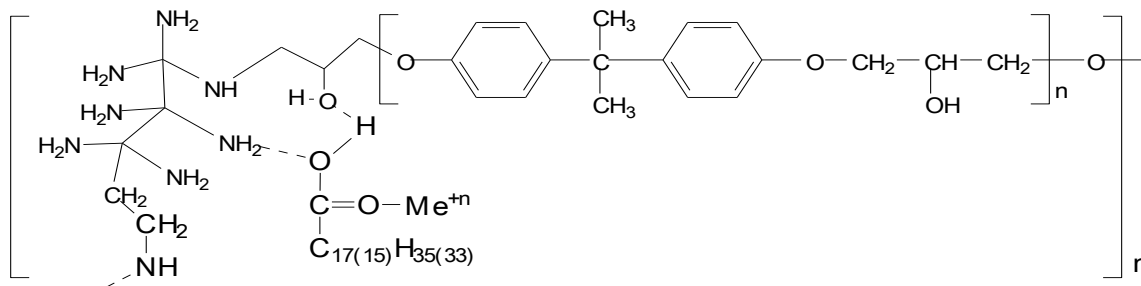
полифункциональными группами госсипола, присутствующими в ГС, при механоактивации минерала на дисмембраторной установке, реализующей ударно-раскалывающий-истирающий эффект, способствующий повышению адгезии между наполнителем и связующим не только за счет увеличения удельной поверхности механоактивированного минерала, но и за счёт роста ионизированных очагов, способных образовывать наноконплексные соединения с карбонильными, в ортоположении к гидроксильной, группам госсипола.



1-ЭДК, 2-ЭДК+ГС, 3-ЭДК+ГС+В, 4- ЭДК+ГС+К

Рис.8. ИК–спектры

Обнаруженные изменения обусловлены образованием внутримолекулярных водородных связей между атомами кислорода карбонильной и карбоксильной групп госсиполовой смолы и боковых гидроксильных групп эпоксидной смолы, а также атома водорода вторичной аммониевой соли с гидроксильной группой госсиполовой смолы, что способствует увеличению и ускорению степени сшивки по предполагаемой нами схеме:



В этом случае отверждение эпоксидных смол полиаминами ускоряется соединениями, содержащими гидроксильные группы и объясняется тем, что происходит реакция замещения водорода у атома кислорода НО-групп, и за счёт присоединения к карбонилу альдегидной группы ионизированных частиц оксидов металлов, входящих в состав наполнителей.

Результаты исследования показали: как у механоактивированных, так и у исходных при одинаковых содержаниях и дисперсности минеральных наполнителей, наилучшие механические свойства наблюдаются при введении волластонита. Такое существенное различие механических свойств эпоксидных гетерокомпозиционных покрытий при введении активированных и исходных минералов каолина и волластонита, сходных по химическому составу, можно объяснить их структурным строением. Зернистые или игольчатые волластонитовые частицы образуют более сильные взаимосвязи в межфазном слое наполнитель – связующий, чем каолиновые частицы, имеющие расщепляемую структуру.

Полученные результаты исследования данной работы позволили разработать ряд составов КПП антифрикционно-износостойкого назначения с оптимальной структурой и методом активационной гелиотехнологии. В частности, предложены новые составы гетерокомпозиционных покрытий на основе местного сырья с применением небольшого количества чешуйчатого графита. Например (табл. 4,5), покрытия типа АГКП (антифрикционное гетерокомпозиционное покрытие) можно получить добавлением электропроводящего графита в пределах 3-5 мас.ч., каолина 35-37 мас.ч. к 130 мас.ч. ЭДК и ФЭК, соответственно. А покрытия типа АИГКП (антифрикционно-износостойкое гетерокомпозиционное покрытие) – добавлением электропроводящего графита в пределах 3-5 мас.ч., каолина 15-17 мас.ч., волластонита-17-19 масс. ч., полиэтилена 1-3 мас.ч. к 130 мас.ч. ЭДК и ФЭК соответственно.

Таблица 4

Состав и свойства разработанных покрытий

Виды покрытий ¹	Содержание компонентов, мас.ч.			Свойства ⁴	
	ЭДК ²	В: ПЭ ³	Графит:Каолин	H _м , МПа	σ _а , МПа
АГКП-1	130	-	3:37	178	32,5
АГКП-2	130	-	5:35	172	34,5
АИГКП-1	130	19:1	3:17	205	30,5
АИГКП-2	130	18:2	5:15	198	29,6
ИГКП-1	130	35:0	5:0	276	38,2
ИГКП-2	130	37:0	3:0	288	39,8

Примечания: 1)А-антифрикционное, И-износостойкое, ГК-гетерокомпозиционное, П-покрытие; 2)ЭДК: ЭД-20=100 мас.ч., ДБФ=10 мас.ч., ГС=10 мас.ч., ПЭПА=10 мас.ч.; 3)В:ПЭ - волластонит: полиэтилен (числовыми соотношениями в масс.ч.); 4)Время выдержки на солнце (710-750 W/m²) – 8 h., T_{oc} =42±2 °С.

Покрытия типа ИГКП (износостойкое гетерокомпозитное покрытие) можно получить только на основе волластонита и графита. Общее количество наполнителей - 40 мас.ч. - обусловлено предельными значениями вязкости композиций, обеспечивающей технологичность при нанесении на поверхности крупногабаритных технологических оборудований.

Таблица 5

Структурные и трибопараметры разработанных покрытий

Виды покрытий	Структурные параметры: ρ_s, Ω (в числителе); R_z, μ			Трибопараметры*		
	исходной	шлифованной	приработанной	f	δ_0	$I \cdot 10^9$
АГКП-1	$1,4 \cdot 10^8 / 3,5$	$4,6 \cdot 10^4 / 2,8$	$0,8 \cdot 10^3 / 6,2$	0,24	0,22	34,3
АГКП-2	$6,4 \cdot 10^7 / 3,9$	$1,2 \cdot 10^3 / 2,9$	$0,4 \cdot 10^2 / 6,5$	0,23	0,20	35,2
АИГКП-1	$2,6 \cdot 10^8 / 3,7$	$6,2 \cdot 10^4 / 3,4$	$3,5 \cdot 10^3 / 5,8$	0,28	0,25	12,5
АИГКП-2	$1,2 \cdot 10^7 / 3,6$	$8,1 \cdot 10^3 / 3,5$	$4,2 \cdot 10^2 / 6,1$	0,29	0,26	13,4
ИГКП-1	$4,6 \cdot 10^7 / 6,2$	$0,6 \cdot 10^3 / 3,2$	$2,1 \cdot 10^2 / 5,8$	0,36	0,38	3,2
ИГКП-2	$8,2 \cdot 10^8 / 6,1$	$3,1 \cdot 10^4 / 3,6$	$2,8 \cdot 10^3 / 5,6$	0,38	0,41	2,6

* При $p_v = 0,1 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$, $t_{np} = 1,5 \text{ ч.}$, контртело - ХС (С - 65-24); $\sigma_s < 10^{-5} \text{ С/м}^2$ во всех случаях

Полученные результаты исследования позволили предложить технологию получения покрытий активационно-гелиотехнологическим методом на рабочих поверхностях технологических оборудований по переработке хлопка, с рациональным использованием местных сырьевых и энергетических ресурсов.

В шестой главе приводятся прикладные и технико-экономические аспекты проведённых исследований. Приведены результаты опытно-производственных испытаний и внедрения разработанных АКПП в рабочих органах технологических машин на типовом одnobатарейном Кургантепинском и Суфикишлакском хлопкозаводах (Андижанской области) и Наманганском хлопкоочистительном заводе №3 (Наманганской области).

Внедрение антифрикционно-износостойких полимерных композиционных покрытий на рабочих поверхностях пневматических и винтовых транспортёров, шнековых очистителей и распределителей позволило получить экономический эффект за счёт снижения механической повреждаемости хлопкового волокна на 0,35-0,85 процента, дроблённости семян в 1,5-2 раза, а также повысить производительность технологических машин на 10-15 процента. Экономический эффект от внедрения разработанных гетерокомпозитных покрытий на поверхностях деталей технологических машин на одном типовом одnobатарейном хлопкозаводе составит 78,8 млн. сум, что в целом по отрасли составит 945 млн. сум в год.

В данной главе представлены результаты исследования по разработке Государственного стандарта O'z DSt 2822:2014, где в качестве критериально-оценочного показателя эффективности материалов предлагается комплексный фактор $f\delta_0$, а также технологического регламента получения

высокоэффективных антифрикционно-износостойких гетерокомпозиционных покрытий для крупногабаритных технологических оборудований по переработке хлопка.

Эти результаты исследования обеспечивают дальнейшее развитие и широкомасштабное их применение с разработкой «Системы качества», предусматривающий оптимальный выбор материалов как по отдельным стадиям технологии переработки, так и в целом для контроля качества конечной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе на основе анализа имеющихся данных, проведением теоретических и экспериментальных исследований, впервые научно обоснованы возможности управления составляющих сил фрикционного взаимодействия полимерных материалов с хлопком-сырцом и предложено целенаправленное регулирование механической повреждаемости хлопкового волокна путём оптимизации структуры и свойства конструкционных материалов для машин и механизмов технологических оборудований.

Полученные результаты исследования не только расширяют теоретические знания в области создания высокоэффективных композиционных машиностроительных материалов, работающих в условиях фрикционного взаимодействия с хлопком, но и определяют перспективы развития композиционного материаловедения при создании новых машиностроительных материалов с рациональным использованием местных материальных и энергетических ресурсов.

Непосредственная солнечная радиация в естественных условиях 710-750 Вт/м² в течение 10-20 ч. обеспечивает необходимую степень (95-98%, соответственно) отверждения гетерокомпозиционных эпоксидных покрытий, обладающих необходимой работоспособностью в условиях фрикционного взаимодействия с хлопком.

В качестве основных выводов можно отметить следующие:

1. Показано, что установившиеся значения структурных параметров фрикционного взаимодействия, в частности, шероховатость поверхности покрытий, независимо от её исходного значения, становятся соизмеримыми с поперечным размером (диаметром) хлопкового волокна не только по высотным, но и по шаговым параметрам неровностей, наибольшее увеличение которых наблюдается у покрытий на основе термопластичных связующих в результате их низких термомеханических свойств. Наилучшие параметры структурной приспособляемости с наименьшей механической повреждаемостью хлопка наблюдаются при введении наполнителей ламинарной структуры, обусловленной расщепляемостью их частиц, образующих субмикронеровности покрытий.

2. На основе изучения механизма фрикционного взаимодействия

материалов выявлено, что водорастворимые полимерные композиции, на основе NaКМЦ, ПВС, полиэтиленгликоля, соли N_1N -диметиламиноэтил-метакрилата с бромистым этилом, применяемые при облагораживании хлопкового волокна, не только играют роль акцептора, улучшающего прочностные, антистатические и другие свойства хлопковых волокон, но и способствуют эффективному снижению механической повреждаемости хлопка.

3. Впервые установлен незамеченный ранее эффект прирабатываемости композиционных покрытий при фрикционном взаимодействии с хлопком, заключающийся в неизбежности образования электропроводящих цепочек, наблюдаемый даже при достаточно низком содержании 2-5 мас.ч. графита, благодаря его ламинарной структуре, как следствие структурно-энергетической самоорганизации трибосистемы.

Активизируемые в процессе фрикционного взаимодействия атомы металлов, находящиеся в составе наполнителя волластонита и каолина в виде оксидов, наряду с поляризованными макромолекулами облагораживаемых композиций или атомами молекулы воды, также способствуют образованию устойчивых электропроводящих цепочек по всей контурной поверхности фрикционного взаимодействия. Раскрытие отмеченных явлений убедительно доказывает своеобразность структурной приспособляемости материалов при взаимодействии с хлопком.

4. Установлено, что механоактивированные местные минералы - Ангренский каолин и Койташский волластонит - являются эффективными наполнителями, а госсиполовая смола - эффективным структурообразователем при разработке антифрикционных с хлопком-сырцом эпоксидных гетерокомполитных покрытий, сформированных активационно-гелиотехнологическим методом. Показано, что равномерное распределение минеральных частиц по объёму гетерокомполитных эпоксидных покрытий может быть достигнуто при совместном механоактивировании волластонита с предварительно измельчённым полиэтиленом в определённых соотношениях с целевым назначением в зависимости от вязкости связующего.

5. Выявлено, что ионы металлов, образованные при механоактивации, играют хорошую структурообразующую роль совместно с функциональными группами госсиполовой смолы, при механоактивации минерала на дисмембраторной установке, реализующий ударно-раскалывающий-истирающий эффект, способствующий повышению адгезии между наполнителем и связующим не только за счет увеличения удельной поверхности механоактивированного минерала, но и за счёт роста ионизированных очагов, способных образовывать наноконплексные соединения с функционально активными группами госсиполовой смолы.

Анализом ИК-спектроскопии установлено образование наноконплексных соединений и предложен механизм (структурная формула) структурообразования в гетерокомполитных полимерных материалах, полученных активационно-гелиотехнологическим методом.

6. Впервые предложен новый активационно-гелиотехнологический метод, обеспечивающий рациональное использование местных материально-энергетических ресурсов, требуемое структурообразование и антифрикционно-износостойкие свойства композиционным покрытиям для крупногабаритных рабочих поверхностей технологических машин по переработке хлопка.

7. Выбор наполнителей для механоактивации из местного минерального сырья Ангреноского каолина и Куйташского волластонита обусловлен тем, что они имеют промышленный выпуск, обладают близким химическим составом и различаются структурой строения, что присуще для широкого круга местных минералов, и могут служить модельными образцами местного природного сырья, имеющими потенциальные возможности для применения в качестве наполнителей композиционных материалов машиностроительного назначения.

8. Установлено, что для улучшения антифрикционных свойств эпоксидных гетерокомпозиционных покрытий с использованием местных минералов и снижения механической повреждаемости хлопка эффективно вводить каолин, а для повышения износостойкости – волластонит. Оптимальная реализация ламинарной структуры каолина при получении антифрикционных покрытий с необходимой износостойкостью может быть достигнута при использовании волластонита с фракционным составом 50-100 мкм и коэффициентом анизотропии не менее 2 в количестве 5-10 мас.ч.

9. Показано, что впервые разработанные новые составы композиций, защищённые Патентами РУз № IAP 04645, IAP 04774, значительно превосходят свои традиционные аналоги по комплексам свойств, обеспечивая минимальное значение как f , так и δ_0 при взаимодействии с хлопком. Причём их можно получить наименьшими на сегодняшний день материально-энергетическими и финансовыми затратами, удовлетворяющими нужды потребителей, широкомасштабным внедрением результатов работы.

10. Организация научно-исследовательских работ при выборе эффективных конструкционных композиционных материалов на основе оценки минимального значения предложенного комплексного фактора $f\delta$ по впервые разработанному Государственному стандарту Узбекистана O'zDSt2822:2014, с использованием № DGU 01171, № DGU 01172, а также методики оценки неопределённости измерения трибопараметров, наряду с обеспечением достоверности результатов исследования, значительно сокращают временные и трудовые затраты от проведения исследований до внедрения их результатов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE OF
DOCTOR OF SCIENCES 16.07.2013. T/FM.02.02 AT TASHKENT
STATE TECHNICAL UNIVERSITY AND
NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ZIYAMUKHAMEDOVA UMIDA ALIJONOVNA

**STRUCTURAL FEATURES OF ADAPTABILITY OF COMPOSITE
POLYMER COATINGS BY THEIR REACTING WITH COTTON AND
TECHNOLOGY**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Metal casting. Heat
treatment and processing of metals under pressure. Ferrous and non-ferrous,
and precious metals processing.
(technical sciences)**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent – 2015

The subject of doctoral dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number 30.09.2014/B2014.5.T311.

Doctoral dissertation is carried out at the research laboratories of the State Unitary Enterprise “Science and Progress” and the Department for “Technologies of oil and gas processing” of the Faculty of Oil and Gas of Tashkent State Technical University.

The full text of the doctoral dissertation is available on the web-page of Scientific Council 16.07.2013.T/FM.02.02 at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan at the following address: www.tdtu.uz/tadqiqitchi/dis_matn.htm.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is available at the web-page www.tdtu.uz/tadqiqitchi/avt.matn.htm and Information and educational portal “Ziyonet” at www.ziyonet.uz

**Official
opponents:**

Mikhridinov Riskidin Mikhridinovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Akhmedkhodjaev Hamid Tursunovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Riskulov Alimjon Ahmadjonovich
Doctor of Technical Sciences

**Leading
organization:**

Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Defense will take place at 14⁰⁰, “14” March 2015 at the meeting of Scientific Council number 16.07.2013.T/FM.02.02 of Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan located at 2, Universitetskaya Street, Tashkent, 100095. Tel/fax No. (+998 71) 227-10-32, e-mail: tadqiqitchi@tdtu.uz

Doctoral dissertation is registered under number 5 at the Information and Resource Center of the Tashkent State Technical University and available at IRC (2, Universitetskaya Street, Tashkent, 100095. Tel/fax No.: (+998 71) 227-10-32.

Abstract of dissertation sent out on “12” February 2015 (mailing report ref. No. 04 dated “10” February 2015)

Karimov K.A.

Chairman of Scientific Council for award of Doctor of Sciences degree, Doctor of Technical Sciences, Professor

N.Dj. Turakhodjayev

Scientific Secretary of Scientific Council for award of Doctor of Sciences degree, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

R. Mikhridinov

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific Council for award of Doctor of Sciences degree, Doctor of Technical Sciences, Professor

ANNOTATION OF DOCTORAL DISSERTATION

Topicality and demand of the subject of dissertation. Modern equipment, machinery and mechanisms as well as technological equipment used in cotton industry should have a high efficiency and reliability in the process of their exploitation. That is why targeted application of new highly efficient composite polymer materials in ensuring operational reliability of cotton processing machinery, together with equipment construction improvement, is one of the topical scientific issues, pending to be resolved.

It is known that the working surfaces of traditionally used metallic materials have technological roughness and sub microroughness with sharp peaks, intensively damaging cotton fiber during the processing, and, by this, resulting in lower productivity and higher energy consumption because of relatively high friction forces on their surfaces due to high hydrophilicity. Therefore, targeted use of efficient composite polymer materials and coatings based on them on the working surfaces of technological machines and mechanisms for assuring reliability, increasing productivity and reducing energy intensity of technological machines and preservation of natural cotton fiber quality due to mechanical defectiveness is highly relevant.

The decision marked the problem is directly related to the development of new energy-saving and resource-saving technologies of coating formation on the basis of efficient polymer materials on working surfaces of large production technologic machines.

Fundamental studies of the structural adaptability process, which is one of the features of frictional interaction in engineering materials science, and which is not being paid appropriate attention, determine the prospects for further development of materials in the “cotton – polymer composite” tribo-system. High elasticity of micro- and submicro roughness’s of composite polymer materials and coatings from them provides a relatively lower friction with cotton allowing sufficiently reduce its mechanical defectiveness. Herewith conducting multidisciplinary studies with regards to the nature, composition, structure and size of filler particles, to assess the quantitative and qualitative impact of technological factors to the formation of nano-complex compounds on the interphase layer using activation-helio technological method are essential.

The Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan No.70 “On the program of modernization and reconstruction of the cotton industry plants for 2007-2011” dated 03.04.2007 confirms the urgency and relevance of the dissertation topic, which is devoted to development of new compositions and energy and resource saving methodology for obtaining highly efficient composite polymer coatings for the working parts of the technological cotton processing equipment.

Conformity of research to priority directions of development of science and technologies of the Republic of Uzbekistan. Present work is accomplished in compliance with the science and technologies development priority trends for the of

the Republic of Uzbekistan: F-3 “Theory and application methods of renewable power resources”, F-7 “Theoretical basics of chemistry, chemical technologies, nanotechnologies”, PPI-15 “Development of high technological, high productive and competitive, export oriented machinery, equipment and devices and model tools, methods of measurement and control for the industry, transport and water supply”, PPI-12 “New technologies for obtaining organic and inorganic, polymeric and other natural materials”.

International review of scientific researches on the dissertation subject.

Adjustability of the surface structure materials in the burnishing process caused by the energy self-forming under the external friction for the metallic tribo system is studied in the research and study centers in Germany (German Institute of Material Research), in England (The Centre for Engineering and Manufacturing Excellence), in Russia (Research Institute of Mechanical Engineering, Research Institute of Machinery Engineering), in Ukraine (Academy of Agriculture of the Ukraine). The research of the structure adjustability for metallic and polymeric tribo systems are studied in the scientific centers of Belorussia (Gomel Research Institute for Metal and Polymer Systems, Belorussia State University), and Latvia (Technical University of Riga). Research on reduction of cotton fiber damage and saving of its natural features is carried out in research centers in USA (Composite Manufacturing Science Laboratory, Composite materials and structures Center at Michigan State University), in Canada (University of Toronto), and India (Indian institute of Technology).

Research carried out in the mentioned research and study centers in Germany (German Institute of Material Research), in England (The Centre for Engineering and Manufacturing Excellence), in Russia (Research Institute of Mechanical Engineering, Research Institute of Machinery Engineering under Russian Academy of Science), in Ukraine (Academy of Agriculture of the Ukraine) used the mechanical properties of materials such as firmness, hardness on tension and pressure as well as the Yung module as the determining factor of adjustability, and hence, the construction and geometric options of the tribo systems providing a reliable performance was chosen. Research carried out in Belorussia (Gomel Research Institute for Metal and Polymer Systems, Belorussia State University), and Latvia (Technical University of Riga) revealed that together with the mechanical properties of the materials a structural construction makes a considerable effect on the providing reliability of the tribo systems. Research centers in USA (Newark Composite Manufacturing Science Laboratory, Michigan State University - Composite materials and structures center), Canada (University of Toronto), and India (Kanpur Institute of Technology) synthesized polymers used as enriching substances in order to preserve the natural properties of cotton fiber. Based on the study of the chemical destruction of water-soluble fiber nanocomposite materials were obtained and technology for their production was developed.

From the thermodynamics point of irreversible processes a polymeric-cotton tribo system is open thermodynamic system, accompanied with the complex physical-mechanical and mechano-chemical phenomena. The adequate transfer of the

well-known results of the world science for the polymeric-cotton tribo systems is impossible and therefore needs a comprehensive fundamental and applied research when designing engineering composite polymer materials with the determined surface structural and mechanical properties.

Degree of study of problem. The research of adjustability in terms of energy positions for the metallic tribo systems was studied by Flaisher G, Bowden F.P, Taybour D, Kostetskiy B.I., Bershadskiy L.N., for metallic and polymeric tribo systems – by Mashkov Yu.K, Klementyev N.M, Protasov B.V.

The mechanical properties and the effect of over-molecular structures on the antifriction wear resistant properties of metallic and polymeric systems was studied by the Belorussian scientists Belyi V.A, Sviridyonok A.I, Strouk V.A, and others.

At present the scientific success by Uzbek scientists on the optimization of the surface structures with managing technological roughness options was achieved by the academician Mahkamov R.G., on the application of composite polymer materials and physical modification of their properties by academician Negmatov S.S., on the optimization of the constructions and materials of the technological equipment by professor Djurayev A., on the increase of the abrasive wear resistance of the constructional steel and alloys by improving their structure with thermal processing by professor Djumabaev A.B., on the estimating the efficiency of transporters made from the polymer materials by Professor Akhmedkhodjayev H.T.

However until the present time the quantitative effect of the structure and the properties of the materials on the mechanical damage of cotton in particular its fiber are not studied and considered. Besides, the structural adjustability while frictional interaction of composite polymer materials with cotton and rational use of local raw materials and power resources when designing new materials and technologies in this sphere were not taken into account properly.

Connection of dissertational research with the plans of scientific-research works. The work was accomplished in the compliance with the State scientific and technical program of the fundamental research works F-2.1.40 – “The research of thermodynamics options and structure and power conformity of the frictional interaction of the polymer-cotton tribo systems” (2003-2007) and applied research works 15-101 “The designing of the effective and antifriction and wear resistant and anticorrosion epoxy hetero composites for coatings of the complex configuration and large technological machines by activation helio-technological method” (2009-2011) in TSTU also GNTP-15-030 “The research of the deformation conformity under the frictional interaction of the construction and composite materials with cotton and designing complex methods and means for immediate determining of the actual contact square” (2009-2011) in the Scientific and research institute of standardization, metrology and certification.

Purpose of research is to design the effective composite polymer coatings that are capable adjust structurally while interaction with cotton and the technologies of obtaining them.

The following **tasks of research** are formulated to achieve the aim:

to substantiate the purposefulness of the activation and helio-technological method of structure modification of hetero composites while designing antifriction composite coatings;

to research the structural adjustability of different polymer and composite coatings while interaction with cotton, depending on basic operational (power) factors;

to discover the effect of improving cotton by water soluble polymer composites on the tribo options of the frictional interaction and on the mechanical damage of the cotton fiber;

to research the effect of natural solar irradiation and mechanical activation on the structure and the properties of hetero composite coatings based on the local minerals and industrial waste;

to design the composition and technology of getting high effective antifriction composite polymer coating using the fillers made from locally available and cheap raw materials and power resources with optimal antifriction and wear resistant properties while frictional interaction with cotton;

to design an express-method for defining of tribo technical properties of the construction materials and estimate the technical and economic efficiency of the application of new hetero composite coatings on the working surface of the technological cotton processing equipment details.

Object of research is the structural adjustability of the composite polymer materials and coatings from them while interaction with fiber materials, in particular, with cotton.

Subject of research is physical-mechanical and mechano-chemical modifications under structure formation of composite polymer coatings.

Methods of research. The structural analysis using electronic and optical microscopy, IR-spectroscopy, mass spectroscopy, dispersion, X-ray structure and thermo-mechanical methods of analysis, micro metering, profile metering and mathematical processing with computer programs.

Scientific novelty of dissertational research. The scientific novelty of the thesis consists of:

determination of the improved mechanism of structural adjustability of the geometric and thermodynamics options while interaction of different in nature polymer materials as well as revealing the qualitative and quantitative effect of the improvement;

determination of unnoticed earlier effect of the structural adjustability of the composite materials with cotton that makes unavoidable the formation of electro conductive chains, ensuring the decrease of tribo electric charge density and, therefore the quantity of friction coefficient and the relative mechanical damage of cotton due to laminar structure of the filler;

exposing the effective structure forming modifier of gossypol epoxy while the hetero composite coatings formation with activation-helio technological method;

offering a new method of structure forming with consideration of the gradient distribution of fillers particles over the coating thickness;

offering for the first time the mechanism of the nano complex compounds forming with mechano-chemical modification method for the obtaining of hetero composite coatings with activation and helio-technological method.

Practical results of research include:

development and application of a new activation-heliotechnological method that provides a rational use of the local material and energy resources, required structures and antifriction and wear resistant properties to the composite polymer coating for large-sized technological machinery;

design of the composition and technologies of antifriction and wear resistant properties while interaction with cotton, polymer hetero composite coatings for large-sized technological machinery, which helps to decrease the mechanical damage of the cotton;

development of the State standard of Uzbekistan O'zDSt 2822:2014.

Reliability of obtained results is provided with the application of well-known standard methods, processing of the obtained data of structural adjustability and tribo technical options applying computer programs and estimating of uncertainties of obtained data and comparing the research results with the available data.

Theoretical and practical value of results of research. Theoretical importance of obtained research data is in the fact that for the first time a new activation and helio-technological method that provides the rational use of local raw materials and power resources, a required structure forming and antifriction and wear resistant properties of the composite coatings for the large-sized working surfaces of cotton processing machinery.

Research results not only widen the knowledge base in sphere of designing highly effective machinery materials working under the frictional interaction with cotton but also define the perspectives of the composition machinery building development with rational using the local materials and energy resources.

Practical value of the thesis consists of the fact that a new content of compositions was developed for the working surfaces of the technological equipment providing the minimal value of F also δ_0 under the interaction with cotton and protected by patents No. IAP 04645 and No. IAP 04774.

Using of local minerals as Angren kaolin and Kuytash wollastonit as fillers that are close by their chemical composition and differing by structure construction with the mechanical activation can be the model sample for the application of other local minerals as the filler of the composite material of machinery building.

Design and implementation of the State standard O'zDSt 2822:2014 has a significant importance as normative and methodical document.

Realization of results of research. Based on the results of research of the structural adjustability of composite polymer materials and coatings from them while interaction with:

State standard of the Republic of Uzbekistan O‘zDSt 2822:2014 is designed and included into the state fund of legislative documentations of the Republic of Uzbekistan (confirmation of “O‘zstandart” Agency No. №1886/09 dated 25.12.2014);

Developed compositions, protected by patents of the Republic of Uzbekistan No. IAP04645 and No. IAP04774, and implemented in enterprises of the “O‘zpaxtasanoat” Association, such as “Kurgantepa cotton plant” Joint-Stock Company (JSC), “Sufikishlak cotton plant” JSC, “Namangan cotton plant No.3” JSC (2002-2009). Implementation of newly developed polymer composite coatings on working surfaces of technological equipment allowed to decrease the mechanical defectiveness of cotton fiber for 0.35-0.85 percent, seeds fragmentation for 1.5-2 times, increase equipment lifetime for 10-15 percent, and also decrease energy consumption for 8-10 percent. (Confirmation of “O‘zpaxtasanoat” Association No. 20/2242 dated 28.10.2014).

The economic efficiency by implementation of developed heterocomposite coatings based on production schedule provided to Open Joint Stock Company (OJSC) “O‘zpaxtamash” will make up 78.8 million soums (Confirmation of “O‘zpaxtamash” OJSC No. 525/680 dated 26.10.2011).

Approbation of work. The basic statements of the thesis were reported and discussed on International and Republican scientific and scientific-research conferences and symposiums, particularly in European Polymer Congress 2005 (Moscow, Russia, 2005), XIX Ulusal Kimya Kongresi (Türkiye, 2005), «Composites of the 21st century» (Saratov, Russia, 2005г.), «TRANSTRIBO -2005» (Saint Petersburg, 2005), The international scientific and practical conference «The actual issues of ensuring science, education and production integration» (Tashkent, Uzbekistan 2008), on international conferences “INNOVATION - 2007” and «INNOVATION – 2009» (Tashkent 2007, 2009).

Full version of the author’s abstract was reported and discussed at scientific seminars of the department for “Technology of oil and gas processing” of Tashkent State Technical University (Tashkent 2013); Scientific and research council of the Oil and Gas faculty of Tashkent State Technical University (Tashkent 2013); State Unitary Enterprise “Science and progress” of Tashkent State Technical University (Tashkent 2007, 2014), in Scientific and research institution of standardization, metrology and certification (Tashkent 2014); in a scientific seminar on specialty 05.02.01 – “Materials science in mechanical engineering” at the scientific Council 16.07.2013.T/FM.02.02 of TSTU and the National University of Uzbekistan (Tashkent, 2014).

Publication of results. Main aspects of the thesis are reflected in 36 publications, including one monograph, 17 articles published in central journals, 14 papers in proceedings of the International and Republican scientific conferences, 2 patents and 2 certificates of the Agency of Intellectual property of the Republic of Uzbekistan.

Structure and volume of dissertation. The thesis consists of an introduction, 6 chapters, conclusion, reference of 208 titles and 8 appendixes; the thesis contains 200 pages, including 40 pictures and 33 tables.

MAIN CONTENT OF DISSERTATION

In the introduction actuality and demand of the dissertation theme are substantiated, the objective and tasks are formulated, as well as the object, subject and the ways of research, the compliance of research to the priority tendencies of science and technologies development of the Republic of Uzbekistan is adduced, scientific novelty and practical results of research are stated, the reliability of research results is substantiated, theoretical and practical value of results is revealed, results of introduction into practice of the dissertation, data on the approbation and earlier published works, structure and the volume of the dissertation are presented.

The first chapter has been devoted to the issue of development of antifrictional materials for working parts of cotton processing machines' technological equipment. The features of the friction interaction with raw cotton were distinguished. It is stated that keeping the natural quality of cotton can be performed not only through optimization of materials' surface properties of which the details of the working parts are made but through the using of the water soluble polymer composites on the cotton fiber surface that directly participate in the friction contact. This provides the best antistatic and antifriction properties of interacting materials and their features purposeful regulation for keeping the maximum quality of the processed raw material.

On the base of the analysis of up-to-date state of the composite materials science development in our country made by Askarov M.A, Negmatov S.S., Rashidova S.Sh. and Ibodullayev A., Salijanova N.S., Tadjihadjayev Z.A., Umarov A.V., Ryskoulov A.A., Yariyev O. and others on designing polyfunctional composite materials of different purpose including mechanical engineering instead of the imported and currency demanding materials, the availability of new materials and technologies development on the base of the local raw material and energy resources is stated.

It is known that by physical modification (γ -radiation, ultra sound, treating in magnetic and electric fields etc.) physical and mechanical and operational properties of materials can be improved, however these methods are inapplicable for modification of polymer composite coatings on the surface of large-size technological equipment.

Thus there was substantiated the expediency of rational use of local material and energy resources of activation-solar technological method of the antifriction polymer composite coatings modification for large-size parts of cotton processing machinery that allowed formulate the objective and tasks of the research.

The second chapter is devoted to choice and substantiation of materials chosen for the research and methods of experiments conducting.

For the first time as the efficient structure formation there was substantiated the expediency of application the activation and solar-technological method of the structure formation allowing the rational using of local material and energy resources.

As the research objects for coverings there were chosen the polymeric materials based on high-density polyethylene (HDP), foam plastic (FP), epoxy and furan epoxy compounds (on the base of resin ED-16, ED-20 and FEC-20) and fillings: graphite, ferrous powder, fluoroplastic, cement, also kaolin and wollastonit from the local raw material. As a model and test samples steel (St.3) was used as widely using constructional material in the large-size working parts of technological machinery of the cotton processing. The coverings based on thermoplastic polymers (HDP and FP) had been obtained by the method through melting and based on the thermosetting (ED-16, ED-20 and FEC-20) using plasticizer- dibutylphthalate (DBP) and a hardener – polyethylene polyamine (PEPA) with a cold callosity during 24 hours and following a thermal processing under 110-120 °C for 2 hours.

For experiment study of physical and mechanical properties and tribo-engineering characteristics of composite polymer coverings in their friction interaction with cotton we have chosen the traditional organic and inorganic, metallic and mineral fillings like fluoroplastic, graphite, ferrous powder, cement and kaolin which have the commercialization. Among them the kaolin (from Angren) is an available local raw material. Besides, Koytash wollastonit concentrate with the greatest production rate of 3,88; 44,25 and 49,6 and accordingly with a variety of dispersion $d \leq 0,005$; $d \leq 0,05$ и $d \leq 0,1$ mm was chosen. A choice of these fractions was also caused by the fact that a small dispersion wollastonit concentrate contains more amounts of metals than a fine-pounded one which is very important for providing thermal and surface electro-conductivity properties of composite materials (CM) and coatings (CS) made from them, also for durability indicators of the coating material in the possibility of nano-complex compounds forming.

For the experiment a middle fiber raw cotton (RC) Tashkent-3, Tashkent-6 and S - 65-24 with conditional moisture of 8-12 percent and the impurity from 3 to 12 percent was used.

A mechanic and chemical activation of the local natural minerals such as Angren kaolin, Koytash wollastonit with the previously pounded polyethylene made by Shurtan gas and chemical complex was done on the disintegrating installation “Kompozit-222” that gives a percussive and breaking with abrasive effects, providing mechanic activation due to increasing of specific surface of fractions, both due to formation of heterogeneous polarized dipole moments on the abrasive surface with following chemical activation with adding of polyfunctional structure forming agent-gossypol resin (GR).

As controlling parameters were chosen the fixed values of the coating surface roughness (R_z), surface electric resistance (ρ_s), surface density of tribo-electric charge (σ_3), temperature (T_{tp}) in a friction zone, as a main tribo-parameters were chosen

coefficient of friction (f), and a relative to metallic surface mechanical damage (δ_0) of RC and intensity of a linear coatings wear (I_h) were chosen.

A definition of the researching surfaces' roughness and processing of findings were carried out with using of the special developed program No.DGU 01172.

Well-known standard methods and appliances were used to define physical and mechanical properties of dispersion systems, materials, coatings and exploitation characteristics of composite materials.

Structural parameters of interacting materials' surfaces were studied by profilograph and profilometer "Caliber VEI" of model 283, electronic (REM-1002) and optic microscopy (MIN-8, MBI-6). Mechanical properties (microhardness) was studied by PMT-3 and pendulum appliance ME-3, thermal and mechanical properties of covering materials - with derivatograph Q-102, adhesive strength with the tension testing machine F01.

Tribo-parameters of the friction interaction were studied on the disc tribometer according to GOST-23.223-85, as well as on the micro-tribometer according the Mekhau method by the standard method P54-308-90.

The third chapter deals with the theoretical and experimental studies of structure adaptability of polymeric materials and coverings made from them interacting with raw cotton.

In foreign countries research on the burnishing process from the standpoint of power for metallic tribo-systems are held by well-known scientists Kostetzkii B.I., Bershadskiy L.I. (Ukraine), Klimentyev N.M, Protasov B.V. (Russia), for metallic polymeric tribo-systems - Mashkov Yu. K. (Belorussia).

In our country a structural and power self-organization for metallic tribo systems in mechanic engineering is being developed thanks to the research works held by Mahkamov K.Kh. and Khachatryan S.V.

The influence of mechanical properties and supramolecular structures on the antifriction and durability properties of metallic and polymeric systems is studied by Belorussian scientists Beliy V.A., Sviridenko A.I., Strouk V.A. and others.

However, an adequate transfer of these researches results for the systems of polymer-cotton is not possible owing to the interaction processes specificity and peculiarity of structure adaptability of our research chosen object.

Our research showed that from the standpoint of thermodynamics of irreversible processes, a tribo-system (TS) polymer-cotton (PC) is an open non-equilibrium thermodynamic system. While frictional interacting (FI), persistent non-equilibrium processes of power transmission and diffusion occur which are the result of the difference in the values of thermodynamics parameters, such as σ_3 , T_{TP} and their uneven concentration on the actual contact surface (ACS) under the impact energy factor : the product of the pressure on the sliding velocity ($p\nu$).

In the table 1 the studies' results of the fixed parameters of the frictional interaction of the polymeric coatings with cotton after three hours of testing under $p\nu=0.10$ MPa·m/s.

Table 1.

Structural, thermodynamics and tribo-parameters of some polymeric coatings under friction with raw cotton

Covering material	Parameters ¹					
	$\sigma \cdot 10^3, \text{C/m}^2$	T_{TD}, K	R_z, μ	δ_0	F	$J \cdot 10^{10}$
PNP	3.1	306	11.2	0.28	0.29	3.1
PEVP	5.8	324	18.5	0.57	0.43	17.5
EDC ²	4.3	307	7.5	0.41	0.32	2.2
FEC ²	6.2	317	12.3	0.46	0.38	7.2

Notes: ¹ Friction mode $pv = 0.1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$; $T_0 = 295 \text{ K}$; impurity and moisture of cotton 3.2 и 8.8% accordingly; ² Compounds based on ED-16 и FEC-20 without filling.

It is shown that the thermodynamics and tribo-parameters of frictional interaction significantly differ depending on the type and properties of the material and have some mutual regularity: the more value of thermodynamics parameters of frictional interaction the more friction force and consequently the intensity of wear coatings and mechanical defect of cotton.

This can be explained based on the deformation properties of interacting materials and their change while thermal and mechanical impact which is based on the methods DT and TG analysis and thermal and mechanical characteristics of polymeric materials.

The analysis of profilogram of coating surfaces, particularly, value R_z (Tab.1) and optical microscopy results (Fig.1 a-d) shown a significant change of roughness parameters not only by the unevenness height but also by the incremental parameters, value of which are became commensurable with transverse dimensions of the cotton fibers.

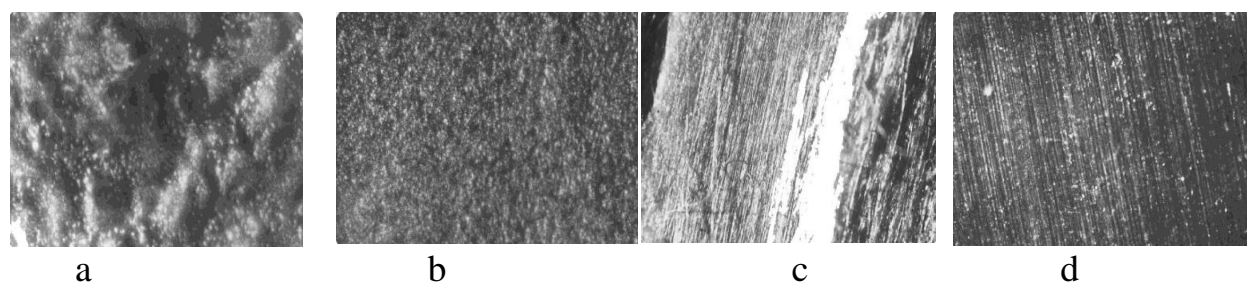


Fig.1. Micro photo (x50) of original (a,b) and burned-in (c,d) surface structure of coatings of PEVP, (a,c) and PNP (b,d) under $pv=0.1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$

These results of the study allow concluding that in the process of structural adaptability for forming equilibrium roughness effects the significant influence not only an impurity of cotton that consisting of abrasive inclusions as it was stated before, but a transverse size (diameter - d_b) of cotton fiber.

Thus we can assume that during a transient mode of frictional interaction, a process of self-organizing is characterized by a formation in the conditions of thermal and mechanical impact of dynamic anisotropic tribo-structures that provide significant decrease of the viscous flow's activation energy. In the process of

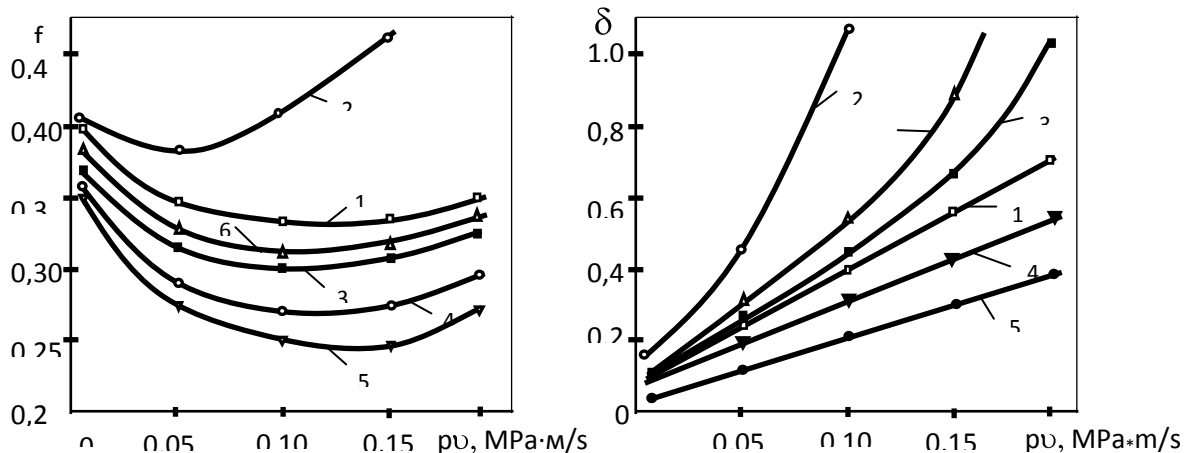
transient mode of frictional interaction under a certain critical value of energy flow – of the entropy of external action (loading- pressure and sliding velocity, environment-moisture), new, dissipative stable structures are appeared.

A specificity of frictional interaction of fiber mass with rough surfaces, particularly, with polymer and composite coating surfaces is concluded in an inevitability of fibers' gearing effect to the counterface roughness. With this condition a mechanical component of friction forces is considerably increased, intensifying the defectiveness of cotton fibers. The contribution of mechanical component of frictional forces interaction in these conditions is became a dominating, the value of which is depended on the correlation db/R_z .

It is shown that the change of the value of tribo-parameter f is connected with the values' change of structural parameters R_z and the fixed value of which can increase as well as and decrease depending on the initial value of roughness for a concrete mode of the frictional interaction. The time of burn-in and related value of the fixed values of structural and tribo-parameters are different depending on the type and properties of coating materials.

It is known that under equal and other conditions, a decrease of molecular as well as a tribo-electrical component of the frictional interaction CC with raw cotton can be made by introducing of electrical and heat-conducting fillers.

In Fig.2 are shown the study results of the dependency of f and δ_0 compositional epoxy coverings from the energy factor $p\upsilon$ and the type of filler.



1 –without filler; 2 – EDC+fluoroplastic EDC; 3- wollastonite; 4- kaolin;
5 – graphite; 6 – ferrous powder

Fig.2. The dependences f and δ_0 epoxy compositional coatings from $p\upsilon$

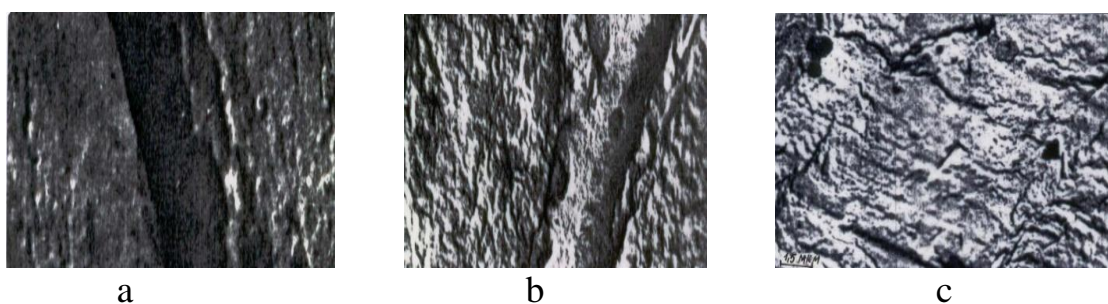
It is shown that the most effective in widely range $p\upsilon$ as of f and as of δ_0 are electrical and heat-conducting fillers with laminar (scaly) structure – graphite and kaolin. Though epoxy compositional coating filled with ferrous powder and cement are provided a high efficiency according to stable value f , but they are differed by comparatively high δ_0 . The worst efficiency according to f as well as δ_0 is being observed in epoxy compositional coating, filled with fluoroplastic which is widely

used in different tribo-systems for antifriction purpose. The analogous conformity was obtained for compositional coating based on the thermo-plastic pentaplast.

According to the results of analysis surface structure of electronic microscopy (Fig.3) it was ascertained that at interacting of cotton with compositional coatings filled with hard electrical and thermal conductive filler of granular structure – ferrous powder and strengthening by reinforcement – by wollastonite, deep micro cuts in the fiber are found (Fig.3b.) and at interacting with analogous coatings, filled with kaolin having a laminar structure and decomposition, the traces of abrasion we can see (Fig.3.c).

The negative effect according to the value as f and δ_0 , observing in introduction of organic filler of fluoroplastic is explained by a decrease of hardness and by increase of deformation properties of the coating materials. In the result of the increase of energy factor p_0 the value f goes up for not only by intensive growth of molecular and tribo-electrical components but also by dominating influence of mechanical component due to increasing of deformation depth, also growing the strength of fibers' gearing to coating roughness.

At analysis of surfaces' profilograms after burn-in was detected a significant change of microgeometry parameters before values commensurable with the transverse sizes of cotton fiber.



a) deep microcuts with sharp points of ferrous powder filler particles; b) traces of a plastic deformation with wollastonite hard particles; c) traces of kaolin grating

Fig.3. Electron microscopy photos of fiber replica with particular types of the damage (RAMx5000)

The results of the studies demonstrate convincingly a significant difference of the frictional interaction character and peculiarities of a structural adaptability of the given tribo-system in comparison to others. It allows an important conclusion that the damage of cotton fiber occurs due to not only weary mechanism as stated before but of abrasive mechanism of destruction, particularly at interacting with compositional coatings which filled with hard particles such as ferrous powder of which sharp points can form microcuts in the fiber.

The forth chapter “The basics of control on surface structure and properties of the antifrictional purpose materials for keeping the natural feature of cotton” are

given the results of effect of cotton fiber refining and sizes of filler particles on the structural adaptability of interacting materials.

In the conditions of multiple interaction of a mechanical load including of frictional interaction, the cotton fiber is not only damaged, but there occur different kinds of destruction of macrochain with forming free radicals, which can be stabilized when interacting with some acceptor, source of which can be refining water soluble compositions.

To study the interaction mechanism of cotton fibers which were refined in the laboratories with antifriction polymeric coatings were used the coatings of thermal plastic pentaplast (TPP) and thermosetting epoxy compound based on ED-16. The choice of these polymers is caused by the fact that nowadays tribo-technical and other properties of compositional coatings on their base have been properly studied and they concern to the class of weak polarity and polarity polymers relatively.

The experiments were held under the different exploitation modes of factor $p\nu$ values (tab. 2) shown that-parameters of pentaplast and epoxy coatings considerably depend on the type of water soluble composition applied for the cotton refining.

Table 2

Tribo-technical properties of epoxy and pentaplast coatings with refined and not refined cotton under different $p\nu$.

Type of tribo-system	Tribo-technical properties after burn-in for an hour under $p\nu$, MPa·m/s							
	0.05				0.1			
	σ_s , 10^5 , C/m ²	R_z , μ	F	δ_0	σ_s , 10^5 , C/m ²	R_z , μ	f	δ_0
EDC- raw cotton	2.10	5.2	0.35	0.24	4.3	7.5	0.32	0.41
EDC – raw cotton with IPWC-1	1.84	4.8	0.38	0.17	3.5	6.8	0.34	0.32
EDC- raw cotton with IPWC-2	1.62	4.7	0.40	0.19	3.2	6.5	0.35	0.38
PNP- raw cotton	1,42	4.3	0.28	0.18	3.1	11.2	0.29	0.34
PNP– raw cotton with IPWC-1	1.36	4.2	0.30	0.16	2.8	9.3	0.31	0.28
PNP raw cotton with IPWC-2	1.32	4.2	0.31	0.17	2.6	9.1	0.32	0.31

It should be mentioned that comparatively high f is observed in cotton that refined by composition IPWC-2. And the value f of refined cotton fibers is always higher in comparison with test fibers, in spite of some decrease of density of tribo-electrical charge. It is explained by the fact that refined cotton fibers having smoothed surface (Fig.4) and surface active substances of acceptor character increase the adhesive components of friction force mainly due to the intermolecular

interaction. The value δ_0 after an hour testing under 0.1 MPa.m/s as it should be expected is less than of a testing one. And the least value δ_0 is observed in cotton which is refined by composition IPWC-1.

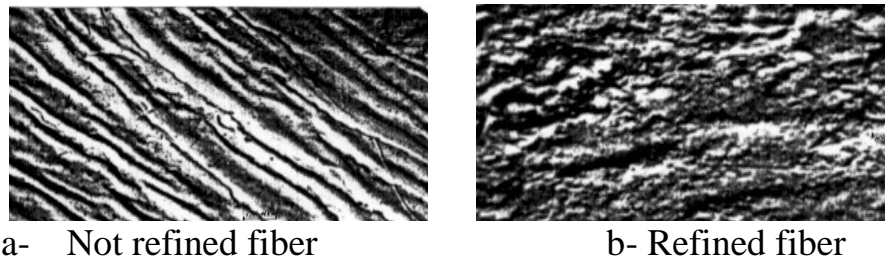


Fig.4. Electron microscopy replicas of the cotton fiber surface Tashkent-3 (REMx5000)

The pentaplast coatings are found to be more preferable under frictional interaction with refined cotton.

Thus, on basis of the obtained results it can be concluded that the refining of cotton affects positively on keeping a natural feature due to the screening with polymer compositions and keeping the moisture in the fiber providing its strength in spite of some increase of friction force in the frictional interaction zone.

In this tribo-system an important thermodynamics parameters that considerably influence on the tribo-parameters are temperature and density of the tribo-electrical charge.

In this connection the researches on the influence of longitudinal and dominating influences of these two basic physical factors were held.

It should be mentioned that the influence of the temperature is so considerable that its value approximation to the temperature of softening polymers, especially thermoplastics causes to pathological phenomena. Besides, all tribo-parameters of frictional interaction are intensively increasing irrespectively of the type of coating materials.

The other important factor, determining the value of the fixed roughness CPC and hence, a mechanical damage of cotton are geometrical sizes and properties of the introducing filler.

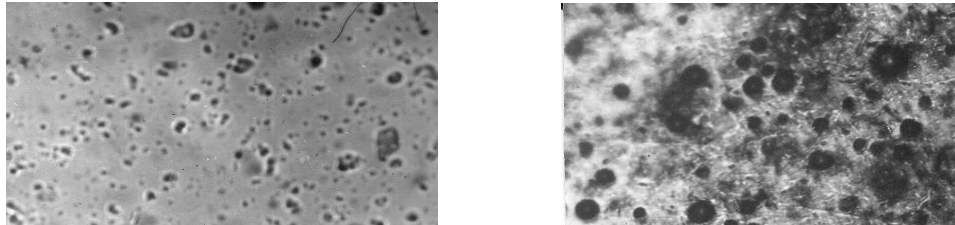
A wollastonite concentrate of different dispersion was chosen to study the effect of particle size of the filler: $0.05 \leq d \leq 0.1$ mm; $0.005 \leq d \leq 0.05$ mm; $d \leq 0.005$ mm, at the similar content 50 pts.wt.

It was experimentally shown that increase f and δ_0 having a tendency of decreasing the filler particles size is observed in spite of some decrease σ_s .

To reduce thermodynamics and tribo-parameters the optimization experimental research works with introduction of electroconductive graphite that has decomposing structure on the burn-in surfaces of epoxy coatings. (Fig.5).

It is seen that with the increase of the graphite content from 1 to 20 mas/p some linear decrease δ_0 and f is observed in spite of the intensive decreasing σ_s as result of the decrease ρ_s for 3-5 times.

The noted phenomenon is explained by the fact that on burn-in surface of coating appear decomposed tiny particles of graphite clearly visible (see Fig.5), which form electro-conductive chains in the local zones of friction surfaces being the links of entropy signals. To provide an optimal value δ_0 and f at high wear of coatings a little amount of 2-5pts.wt. of scaly graphite is sufficient.



a - initial surface

b – after burn-in

Fig.5. Photos (x100) of epoxy coating filled with 5 pts.wt. graphite under the testing mode $\nu=0.1$ MPa·m/s, $t=1800$ s (rider is cotton C-65-24)

These results of the study were allowed detect a phenomenon unknown before the forming of electroconductive chains from ultrafine particles of graphite which are obtained at its considerably little content and providing optimal thermodynamics and tribo-technical properties to burn-in surfaces of multicomponent hetero-component coatings.

Therefore based on the analysis of study results of this part we can suppose that activated atoms of metals which composing metal oxides included in the wollastonite and kaolin filler composition while a friction interaction along with polarized macro molecules of the refined compositions or with water molecule atoms (cotton moisture) also contribute to the formation of stable electroconductive chains along the whole contour surface of a friction interaction.

The fifth chapter considers the technological bases of structure formation and formation of heterocomposite coatings for large-size technological equipment.

Nowadays due to the large size of working parts and complicated configuration of the details of technological machinery for cotton processing is not possible to expose CFC by well-known methods of their physical modification on the surface of machine working parts formed in the condition of hot hardening and melting.

That's why thermosetting polymers – ED-20 and FEC-20 hardened by polyethylenepolyamine (PEPA) in the amount of 10 and 12 pts.wt. that provides cold hardening relatively were chosen as polymeric links. A traditionally used DBP and secondary raw material GE in the amount of 10 and 10 pts.wt. relatively were chosen as a plasticizer.

The conformity of hardening of epoxy and furan epoxy compositions of various compounds, hardened in the sun and in the shadow was studied. The experiments were held in the condition of the city of Tashkent under the temperature of the environment (T_{oc}) in the shadow 30 ± 2 and 42 ± 2 °C in the open area. The intensity of natural solar radiation made $710-750$ W/m².

The studies have shown that the formation of hetero-composite coatings under the effect of the natural solar radiation considerably (in two-three times) intensifies the hardening. It has been ascertained that the content of PEPA do not influence on the process of hardening and 10 and 12 pts.wt. for ED-20 and FEC-20 relatively is optimal and that was chosen for our further studies.

In Fig.6 the results of the experimental study of the micro hardness changes qualitative characterizing the degrees of cross-links of epoxy and furan epoxy coatings also adhesion strength from the duration of solar radiation. It is seen that after 30-hour impact of solar radiation the micro hardness of the coating approximate to the micro hardness of heat-treated epoxy ($H_{Me}=228$ MPa) and furan epoxy ($H_{MF}=182$ MPa) coatings that confirms reaching a maximum degree of hardening (Fig.6a). A partial substitution (up to 50%) DBP with GE slightly decreases mechanical properties of epoxy as well as furan epoxy coatings and evidently it is connected with a better plasticization feature. This can be explained by some increase of adhesion strength value of EDC and FEC composing in the GE irrespectively of the durability of the treatment time (Fig.6.b.)

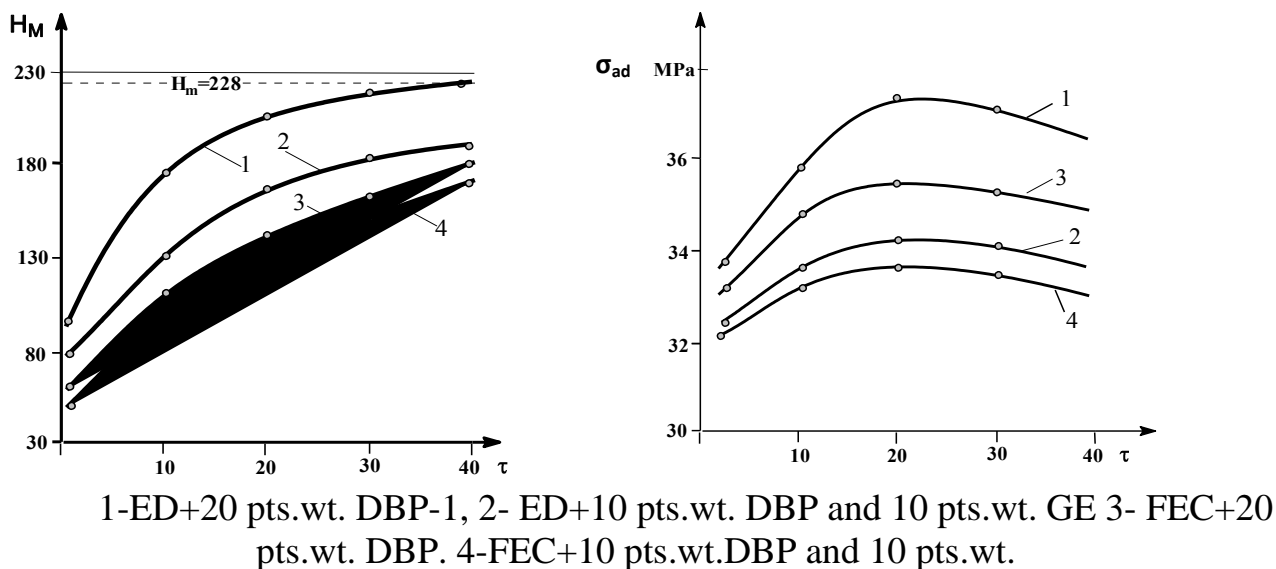


Fig.6. Dependence of microhardness (a) and adhesion strength (b) of heterocomposite epoxy (1,2) and furan and epoxy (3,4) coatings on the durability of solar impact in natural conditions.

There was ascertained some increase of the shock strength of epoxy and furan epoxy coatings, GE modified that provides their exploitation durability.

Our study shows that in the process of coating formation in natural conditions the fillers' large particles due to their relatively low density surface settle on a substrate. In the result of uneven distribution of filler's particles over the coating capacity and their extreme increase in interfacial the coating-substrate decreases the adhesion strength. This causes premature flaking coatings.

On the other hand reinforcing effect of wollastonit occurs due to its needle-shaped form under anisotropy coefficient of particles $\kappa_{\text{aH}} = 1:b \geq 2$ and above. And chosen wollastonit concentrate $50 \leq d \leq 100 \mu$ and has $\kappa_{\text{aH}} = 4-4,5$, that is very important for getting anisotropy effect of wollastonit needle-shaped form in epoxy heterocomposite which leads to a considerable increase of wear thus providing a required exploitation period for a coating.

The experiments have shown that during 600s treatment time on the disintegrating installation a crumbled wollastonit with dispersion of $d \leq 20 \mu$. Moreover the values κ_a of these particles are in limits of 1.0-1.2 and by its structure becomes ordinary granular filler and has not any reinforcing effect.

In the connection with this we chose 30-50s. time of mechanical activation of wollastonit concentrate that provided the anisotropy of wollastonit particles' size that is equal to 2.5-3.0 with particles size $50 \leq d \leq 100 \mu$ (a mode of mechanical activation: $n=2800$ rotation per minute, working clearance $\Delta=0.5 \text{ mm.}$) Fig.7.

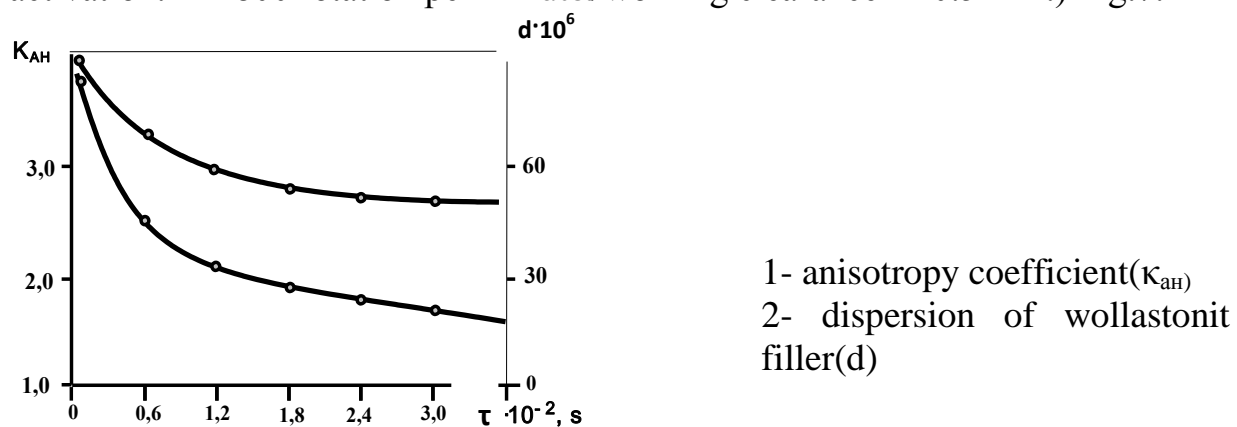


Fig.7. Dependence of the dispersion of filler particles (d) and anisotropy coefficient of its size on the mechanical activation time

To reach a desirable effect using large dispersive wollastonit special experiments of joint mechanical activation of wollastonit on the disintegrating installation during 40-50s with previously crumbled (0.2-0.5 mm) polyethylene with the correlation of wollastonit: polyethylene 50:10, 50:8, 50:6, 50:4, 50:2 were held. Having used this way we got binary fillers – of mineral and organic origin that are not settled and spread evenly over the coating thickness due to the “parachute” effect made by polyethylene activated particles. In this case it is not necessary to rotate the samples with coating for optimal structure formation (table 3).

Some decrease δ_0 in spite of the increase of thermodynamics and tribo-technical parameters and the increase of polyethylene content in binary fillers is observed. This can be explained by the decrease of surface micro-hardness and by the increase of elasticity of the coating micro lugs at introducing the polyethylene.

Thus the effective way of using the organic and mineral filler from the local raw material providing new properties of the materials and structure formation of composite epoxy coating which are obtained in a certain correlation by mechanical activating of mineral and polymer on the disintegrating installation.

Table 3.

The effect of the correlation mechanical-activated mineral and organic fillers of composition epoxy coatings on the tribo parameters of their frictional interaction with cotton

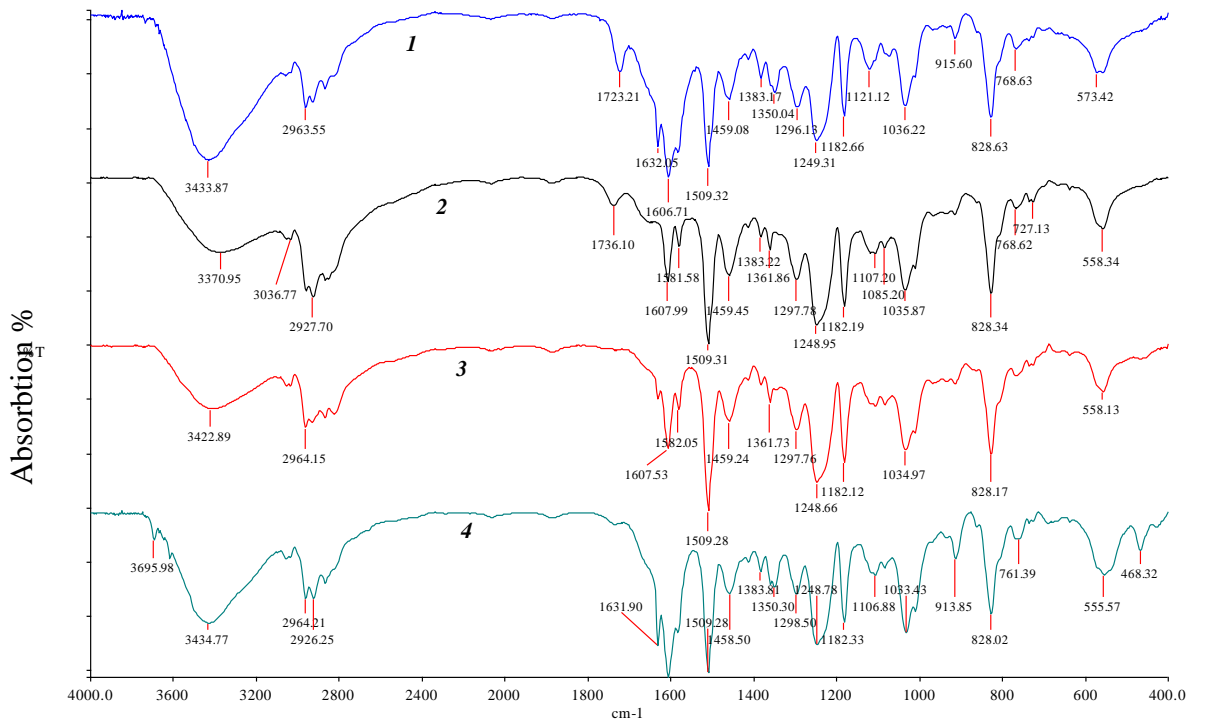
Correlation (pts.wt.) of the mechanical activated fillers (wollastonit/P/E)	Tribo-technical parameters				
	T_{TP}, K	$\sigma_s \cdot 10^4, \text{C/m}^2$	f	δ_0	$I_f \cdot 10^{10}$
50:02	302	21.1	0.25	0.36	1.6
50:04	308	23.5	0.27	0.31	2.5
50:06	310	26.2	0.29	0.30	3.1
50:08	313	29.4	0.32	0.26	3.8
50:10	321	35.2	0.35	0.25	5.6

The other structure forming mineral for composite polymer material is kaolin which is not less important from the view of economics. The mechanical activation for Angren's primary kaolin was done on the disintegrating installation during 5 min then in the correlation of 20:10 GE was added and mixed in a ball-mill during 10-15 min that is enough for getting an even homogeneous weight. Being obtained through this method mechanical and chemical activated composite components are more acceptable for structure formation in the production of the composite materials.

The oxides of transitive metals presented in natural minerals at mechanical activation from the hetero-polarized dipole moments which are able to form nano-complex compounds by the side of functional groupings of connector and modifier GE (polyfunctional properties of which creates good conditions for structure formation of hetero composites). The analysis of IR specter of the compound absorption based on ED-20 obtained by the traditional method (Fig.8.1, 8.2) and the specters of hetero composites absorption obtained by activation and solar technological method (Fig. 8.3, 8.4.) show the presence of changes in the links of deformational oscillation of ammonium salts.

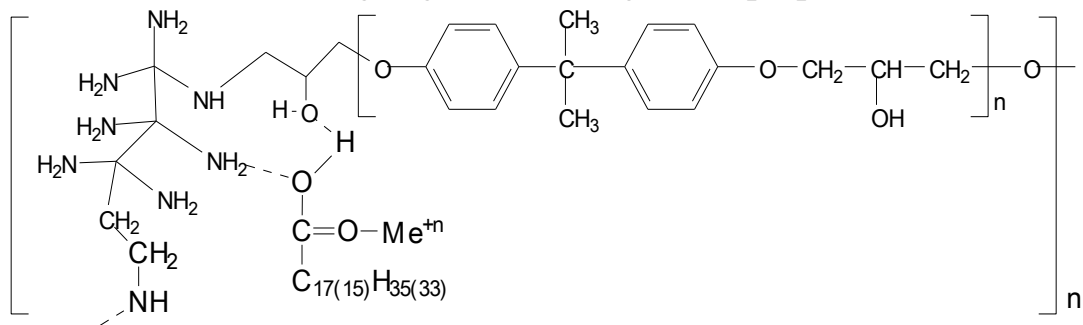
It is important to make a previous activation of epoxy, an electrophilic assistance, to disclose an epoxy ring under the effect of nucleophilic reagent. Based on these ideas a molecule of PEPA amines acts as a nucleophilic reagent, and the other one acts as proton donor.

Yet we can assume that ions of metals formed while a mechanical activation can be of a good structure forming feature combined with polyfunctional groups of gossypol which are presented in GE, under the mechanical activation of the mineral on the disintegrating installation implementing shock-splitting-abrasive effect which promotes the increase of the adhesion between the filler and the binder by not only increasing the specific surface area of the mechanically activated mineral but also of ionized spots that are capable to form nano-complex compounds with carbonyl compounds in ortho position to the hydroxyl group of gossypol.



1-
 2- EDC, 2-EDC+GE; 3-EDC+GE+B; 4-EDC+GE+C
 $\nu: 10^{-2}, \text{cm}^{-1}$
Fig.8 IR-specters

The detected changes are caused by the formation of hydrogen inner molecular links between oxygen atoms of carbonyl and carboxyl groups of gossypol epoxy and side hydroxyl groups of epoxy, of hydrogen atom of the secondary ammonium salt with hydroxyl group of gossypol epoxy that promotes the increase and the acceleration of the cross-linking degree according to our proposed scheme:



In this case the hardening of epoxy by polyamines is accelerated by the compounds which contain hydroxyl groups and is explained by that fact that substitution reaction of a hydrogen atom on an oxygen atom of HO-groups takes place and the addition of the aldehyde group of ionized particles of metals oxides which are in the fillers composition.

The results of the studies show that as well as the mechanical activated ones as the primary ones when adding wollastonit have the best mechanical properties at the same content and dispersion of mineral fillers. Such a considerable difference of

mechanical properties of epoxy hetero composite coatings when adding activated and primary minerals of kaolin and wollastonit resembling to chemical composition can be explained by their structural texture. A granular or needle-shaped wollastonit particles form stronger interlinks in interphase layer the filler – the binder, than the kaolin particles that have decomposing structure.

The results of this research work make it possible to design a number of antifriction wear resistant KPP compositions with the optimal structure by the method of activated solar technologies. In particular, new compositions of hetero composite coatings based on the raw materials applying a small amount of scaly graphite. For example, (table 4,5) coatings of a type AHC (antifriction hetero-composite coating) can be obtained by adding electro conducive graphite in the limits of 3-5 pts.wt., kaolin 35-37pts.wt. to 130 pts.wt. of EDC and FEC relatively.

Table 4.

The composition and the properties of the designed coatings

Types of coatings ¹	Component contents pts.wt.			Properties ⁴	
	EDK ²	B: PE ³	Graphite: Kaolin	H _m , MPa	σ _a , MPa
AHC-1	130	-	3:37	178	32.5
AHC-2	130	-	5:35	172	34.5
AWRHC-1	130	19:1	3:17	205	30.5
AWRHC -2	130	18:2	5:15	198	29.6
WRHC-1	130	35:0	5:0	276	38.2
WRHC-2	130	37:0	3:0	288	39.8

Notes: 1)A-antifriction, W-wear resistant, H- heterocomposition, C- coating; 2)EDK: ED-20=100 pts.wt., DBF=10 pts.wt., GE=10 pts.wt., PEPA=10 pts.wt.; 3)B: PE - wollastonit: polyethylene (in numerical correlation in pts.wt.); 4) exposure to the Sun time (710-750 W/m²) – 8 h., T_{oc} =42±2 °C. (natural conditions of Tashkent).

And coatings of a type AWRHC (antifriction wear resistant hetero composite coating) – by adding electro conducive graphite in the limits of 3-5pts.wt., kaolin 15-17pts.wt., wollastonit – 17-19 pts.wt., polyethylene-1-3 pts.wt. to 130 pts.wt. of EDC and FEC relatively.

Table 5.

The structural and tribo parameters of the designed coatings

Types of coatings	Structural options ρ _s , Ω (number of bodies); R _z , μ			Tribo parameters*		
	Initial	Polished	burnished	f	δ ₀	I·10 ⁹
AHC-1	1.4·10 ⁸ /3.5	4.6·10 ⁴ / 2.8	0.8·10 ³ / 6.2	0.24	0.22	34.3
AHC-2	6.4·10 ⁷ /3.9	1.2·10 ³ / 2.9	0.4·10 ² / 6.5	0.23	0.20	35.2
AWRHC-1	2.6·10 ⁸ /3.7	6.2·10 ⁴ / 3.4	3.5·10 ³ / 5.8	0.28	0.25	12.5
AWRHC -2	1.2·10 ⁷ /3.6	8.1·10 ³ / 3.5	4.2·10 ² / 6.1	0.29	0.26	13.4
WRHC-1	4.6·10 ⁷ /6.2	0.6·10 ³ / 3.2	2.1·10 ² / 5.8	0.36	0.38	3.2
WRHC-2	8.2·10 ⁸ / 6.1	3.1·10 ⁴ / 3.6	2.8·10 ³ / 5.6	0.38	0.41	2.6

Under p₀= 0.1 MPa·m/s, t_{np}= 1,5 h., * rider for all types of coatings - RC (C 65-24); σ₃ < 10⁻⁵ C/m²

The coating of an antifriction wear resistant hetero composite coating type can be obtained only on the basis of wollastonit and graphite. The total amount of the fillers 40 pts.wt. is stipulated by the maximum values of the viscosity of the compositions ensuring the manufacturability when applied to the surface of large technological equipment.

The study results allow offer the technology of obtaining coatings by activation and helio technological method applied on the working surfaces of technological cotton processing equipment using rationally the local raw materials and power resources.

In the sixth chapter the applied and the technical and economic aspects of the research are considered. The results of pilot production testing and implementation of the developed automatic transmission in the working bodies of technological machines at Kurgantepa and Sufikishlak (Andijan Region) one battery cotton processing plants and at Namangan cotton processing factory No.3 (Namangan Region) are also considered.

Application of anti-friction-wear-resistant polymer composite coatings on working surfaces of pneumatic and screw conveyors, screw purifiers and dispensers, allowed to get economic effect due to decrease of mechanical defectiveness of cotton fiber for 0.35-0.85 percent, seeds fragmentation for 1.5-2 times and increase equipment lifetime for 10-15 percent. The economic effect of the introduction of the developed hetero composite coatings on the surfaces of parts of the production machines on the standard one battery cotton plant will be 78,8 mln. soums and will be 945 mln. soums for the industry branch.

Results of the study for development of the State standard O'zDSt 2822:2014, where complex factor $f\delta_0$, is suggested as a criterion-performance indicator, as well as technological schedule for development of highly efficient anti-friction-wear-resistant hetero composite coatings for the large technological equipment for cotton processing are presented in this chapter.

These results of the research ensure the further development and their large scale implementation with development of "Quality system" envisioning an optimal choice of materials by separate stages of processing technologies, as well as in overall for monitoring the quality of the final production.

CONCLUSION

Based on the data analysis and held theoretical and experimental researches it was firstly theoretically substantiated the possibilities of managing components of frictional interaction forces of polymer materials with raw cotton and purposeful regulation of mechanical damage of the cotton fiber by optimizing the structure and properties of the construction materials for machines and mechanisms of the technological equipment was offered.

The results of the research not only widen the theoretical knowledge in the sphere of the designing highly effective composite engineering materials being exploited in the conditions of the frictional interaction with cotton but also define the prospects of composite materials science development when designing new engineering materials with a rational application of the local raw materials and power resources.

Direct solar irradiation in the natural conditions of 710-750 W/m² during 10-20 hours ensures the necessary degree (95-98% relatively) of hardening of hetero-composite epoxy coatings that have enough efficiency in the frictional interaction with cotton.

As the main conclusions can be noted the following:

1. As it is shown, the steady-state values of the structural parameters of frictional interaction in particular of the surface roughness coatings regardless of its initial value are commensurate with a transverse dimensions not only of cotton fibers but also the altitude stepper roughness parameters, the most increase is observed in coatings based on thermal and thermoplastic binder resulted from their low thermal and mechanical properties. The best options of the structural adaptability with the least mechanical damage of cotton is observed when the fillers with a laminate structure stipulated by the particle decomposition that form sub and micro unevenness of the coatings.

2. Improving the cotton fillers by water soluble compositions based on Na KMS, PVC, polyethylene glycol using as SAS OP-10, salts N₁N- demyhelamin-ethylmetacrylate with bromide ethyl was theoretically grounded on the study of the mechanism of the frictional interaction of materials. It was found that water soluble polymer composites applied when improving the cotton fiber not only participate as the acceptor which improve strength, antistatic and other properties of the cotton fibers but also ensure the effective decrease of mechanic damage of it in spite of some increase of the molecular frictional forces interaction with the surface of the coating that can be explained by a screening and strengthening effect.

3. For the first time earlier unnoticed effect of burnishing of the composite coating under the frictional interaction with cotton lies in the fact of unavoidable formation of electro conductive chains still observed while at enough low content of 2-5 pts.wt. graphite, due to laminate structure as a consequence of a structure and power self-organization of tribo system. The activated atoms of metals present in the wollastonit and kaolin fillers content in the kind of oxides while the frictional interaction alongside with polarized macro molecules of the improved compositions or with atoms of water also ensure the formation of a firm electro conductive chains over the whole contour surface of the frictional interaction. This convincingly proves the peculiarity of the structural adaptability while the interaction with cotton.

4. It was ascertained that mechanical activated local minerals – Angren kaolin and Kuytash wollastonit are the effective fillers and gossypol epoxy is the effective structure forming one while designing of antifrictional epoxy hetero composite coating with raw cotton that were formed by activation and solar-technological method. It was shown that an even distribution of mineral particles over the capacity of the hetero

composite epoxy coatings with previously grated polyethylene with purpose in certain correlations in dependence of the binder viscosity.

5. It is found that ions of metals formed while mechanical activation can have a good structure forming property alongside with the functional groups of gossypol epoxy, while mechanical activation of the mineral on the disintegrating installation implementing shock-splitting-abrasive effect that ensures the increase of the adhesion between the filler and the binder not only thanks to the increase of specific surface of the mechanically activated mineral but also to the increase of ionized spots that can form nano-complex compounds with the functionally activated groups of gossypol epoxy.

6. The formation of nano-complex compounds was ascertained by the analysis of IR-specter and the mechanism (structure formula) of the structure formation in hetero composite polymer materials obtained by activation and solar-technological method

7. For the first time a new activation and solar-technological method ensuring a rational use of the local raw materials and power resources, required structure formational and antifriction wear resistant properties for the composite coatings for the large scale working surfaces of the technological cotton processing machines was offered. The choice of the fillers for mechanical activation from the local raw mineral material of Angren kaolin and Kuytash wollastonit is stipulated by that fact that they have industrial production and have got a close chemical composition and differ by a structure of formation that is characteristic to a wide specter of local minerals and can be served as a model sample of the local natural raw material having a potential possibilities for the application as the fillers, composite materials for machine- building.

8. It was found out that effectively introducing kaolin to improve antifriction properties of epoxy hetero composite coatings with the use of the local minerals and decrease of mechanical damage of cotton, and to increase wear resistance by introducing wollastonit. The optimal implementation of a laminar structure of kaolin while getting antifriction coating with required wear resistant can be achieved with the application of wollastonit with fraction content of 50-100 micron and the anisotropy coefficient not less than 2 in the amount of 5-10 pts.wt.

9. The designed new composition contents protected with the patents of the Republic of Uzbekistan No. IAP 04645 and No. IAP 04774, considerably excel their typical analogues by the combinations of properties thus ensuring the less value of F and δ_0 while interacting with cotton. At the same time, nowadays, they can be obtained by cutting material and energy also financial expenses that satisfy a consumer needs and large scale implementation of the work results.

10. The organization of the research work while choosing the effective composition construction materials based on estimation of the minimal value of the offered complex factor $f\delta$ according to the firstly designed State Standard of Uzbekistan O'zDSt2822:2014, with the use of No. DGU 01171, No. DGU 01172, and also to the methodic of evaluating indefiniteness of measuring tribo parameters considerably cut time and labor expenses from the conducting research to the implementing the results.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

Ўбўлим (I часть; I part)

1. Зиямухамедова У.А. Перспективные композиционные материалы на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов. – Ташкент: ТашГТУ, 2011. – 160 с.
2. Зиямухамедова У.А., Негматов Н.С., Алматаев Т.А. К вопросу разработки динамической модели полимер-волоконистых трибосистем // Композиционные материалы. – Ташкент, 2001. – №1. – С.38-42.
3. Зиямухамедова У.А., Негматов Н.С. Влияние вида облагораживания хлопковых волокон водорастворимыми композициями на триботехнические свойства антифрикционных полимерных покрытий // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2001. – №5. – С. 27-30.
4. Негматов Н.С., Зиямухамедова У.А., Кулуев А.Р. Антифрикционные материалы и водорастворимые композиции на основе полимеров для снижения механической повреждаемости хлопковых волокон // Пластические массы. – Москва, 2002. – № 1. – С.42-44.
5. Негматов Н.С., Зиямухамедова У.А., Кулуев А.Р. Композиционные материалы для снижения механической повреждаемости хлопка и технологии их получения // Башкирский химический журнал. – Уфа, 2002. – Т.9, №1. – С 53-56.
6. Зиямухамедова У.А. Антифрикционные композиционные покрытия для хлопкоперерабатывающих машин с использованием механоактивированных минеральных наполнителей // Композиционные материалы. – Ташкент, 2004. – №2. – С.18-21.
7. Зиямухамедова У.А., Пулатова Н.М., Негматова М.И., Джумабаев А.Б. Новый метод экспресс оценки эффективности антифрикционных материалов для рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин // Композиционные материалы. – Ташкент, 2004. – №4. – С.62-63.
8. Зиямухамедова У.А., Рахимов Г.Н. Прогнозирование структурной приспособляемости композиционных полимерных покрытий при фрикционном взаимодействии с волокнистой массой и возможности её регулирования // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2005. – №3. – С.100-104.
9. Зиямухамедова У.А., Рахимов Г.Н., Убайдуллаев С.К., Негматова М.И., Джумабаев А.Б. Исследование работоспособности композиционных полимерных покрытий для рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин, полученных гелиотехнологическим методом // Композиционные материалы. – Ташкент, 2005. – №5. – С.69-71.
10. Зиямухамедова У.А., Убайдуллаев С.К., Рахимов Г.Н. Высокоэффективные антифрикционные материалы для сохранения природных свойств хлопка-сырца // Сельское хозяйство. – Ташкент, 2006. – №12. – С.10-11.

11. Зиямухамедова У.А. Оценка адгезионной составляющей коэффициента трения композиционных полимерных материалов с хлопком-сырцом// Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2007. – №3. – С.98-100.

12. Зиямухамедова У.А. Комплексный метод модификации гетерокомполитов на основе эпоксидного связующего и местных минералов//Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2008. – № 5. – С20-23.

13. Джумабаев А.Б., Зиямухамедова У.А., Убайдуллаев С.К. Совершенствование стандартизированных методов определения триботехнических свойств материалов с хлопком и повышение эффективности их использования при управлении качеством продукта//STANDART. – Ташкент, 2008. –№1. – С. 14-15.

14. Зиямухамедова У.А., Хабибуллаев А.Х., Джумабаев Д.А. Свойства гетерокомполитных полимерных покрытий для применения в хлопкоочистительных технологических оборудованьях получаемых активационно-гелиотехнологическим методом// STANDART. –Ташкент, 2009. – № 3. – С.37-39.

15. Зиямухамедова У.А., Дусткобилов Э.Н., Аширова Л.В. Новые технологические методы сохранения природного свойства хлопкового волокна с применением композиционных полимерных материалов// STANDART. – Ташкент, 2009. – № 4. – С.23-25.

16. Зиямухамедова У.А., Иноятлов К.М., Хабибуллаев А.Х., Джумабаев Д.А. Полимер боғловчилар асосидаги гетерокомполитларнинг хусусиятларини экологик тоза ва энергия тежамкор янги технологияни куллаш билан яхшилаш имкониятларини тадқиқотлаш// Узбекистон Киме журнали. –Ташкент, 2009. – №2.– 46-50 б.

17. Джумабаев Д.А., Дусткобилов Э.Н., Зиямухамедова У.А. Пахта билан композит полимер материалларининг ишқаланишда ҳақиқий тегишув юзасининг математик модели// Механика муаммолари. –Тошкент, 2010. – №1. – Б.49-51.

18. Зиямухамедова У.А. Особенности структурной приспособляемости композиционных материалов при взаимодействии с хлопком, и технология их получения // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2010. – №3. – С 53-56.

19. Хабибуллаев А.Х., Зиямухамедова У.А. Гелиотехнология усулида полимер боғловчилар асосидаги гетерокомполитларнинг хусусиятларини яхшилаш имкониятларини тадқиқотлаш// ТошДТУ Хабарлари. – Тошкент, 2010. – №3. – С.132-134.

20. Зиямухамедова У.А., Шаймарданов Б.А. Механохимический метод модификации при разработке новых композиционных материалов на основе эпоксидного связующего и природных минералов// Башкирский химический журнал. – Уфа, 2012. – Том 19, №2. – С53-57.

21. U. Ziyamukhamedova, D. Djumabaev, B. Shaymardanov. Mechanochemical modification method used in the development of new composite

materials based on epoxy binder and natural minerals// Turkish journal of Chemistry.– Ankara (Turkey), 2013. – vol. 37, N 1. – pp. 51 – 56.

22. Зиямухамедова У.А., Джумабаев Д.А., Хабибуллаев А.Х., Караев Ф.Ж., Шаймарданов Б.А. Пахтани қайта ишлаш технологик машиналари ишчи сиртлари учун қўлланиладиган янги материаллар самарадорлигини баҳолашнинг замонавий усули//STANDART. –Тошкент, 2013.– №3. – С.23-2

Патентлар (Патенты; Patents)

23. Джумабаев А.Б., Зиямухамедова У.А., Рахимов Г.Н., Тураев М.У., Убайдуллаев С.К., Хашимова Ч.С. Пахта тозалаш машиналари ишчи органлари учун антифрикцион композицион материаллар самарадорлигини аниқлаш дастури // Ўзбекистон Республикаси Давлат патент идораси. Гувоҳнома № DGU 01171. 24.11.2006 й.

24. Зиямухамедова У.А., Джумабаев Д.А., Рахимов Г.Н., Тураев М.У., Убайдуллаев С.К., Хашимова Ч.С. Композицион материалларнинг ишқаланиш юзаларининг нотекистик параметрларини аниқлаш дастури // Ўзбекистон Республикаси Давлат патент идораси. Гувоҳнома № DGU 01172. 24.11.2006 й.

25. Патент РУз № IAP 04645. Антифрикционная полимерная композиция/ Зиямухамедова У.А., Джумабаев Д.А., Хабибуллаев А.Х., Караев Ф.Ж., Эшкobilов О.Х., Шаймарданов Б.А.// Расмий ахборотнома. -2013. – №2. – Б.45

26. Патент РУз № IAP 04774. Антифрикционно-износостойкая полимерная композиция/ Зиямухамедова У.А., Джумабаев Д.А., Хабибуллаев А.Х., Дусткobilов Э.Н., Караев Ф.Ж., Шаймарданов Б.А., Джумабаев А.Б., Шакамалов А.// Расмий ахборотнома. - 2013. – №11. – Б.64-65.

II бўлим (II часть; Part)

27. Зиямухамедова У.А. Аналитическое описание механики структурной приспособляемости композиционных полимерных покрытий при фрикционном взаимодействии с волокнистой массой// Проблемы механики и сейсмостойкости сооружений: Материалы международной конференции. – Ташкент, 2004. – С. 514-517.

28. Saibjan Negmatov, Umida Ziyamukhamedova, Ganisher Rakhimov Modified Epoxide binding for antifrictional coverings at interaction with the cotton// European Polymer Congress 2005. – Moscow (Russia), 2005. P1.2-66, Ref 4869.

29. Зиямухамедова У.А., Негматов С.С., Рахимов Г.Н. Повышение эффективности и работоспособности транспортирующих и очистительных машин с использованием антифрикционных полимерных покрытий.// ТРАНСТРИБО-2005:В сб. Труды 3-международного симпозиума по транспортной триботехнике. – Санкт-Петербург, 2005. – С.111-114.

30. Soibjon Negmatov, Umida Ziyamukhamedova, Ganisher Rahimov, Malika Negmatova, Alijon Djumabaev. Physico-Chemistry of friction interaction of

synthesis and natural polymer materials// XIX Ulusal Kimya Kongresi. – Kuşadası (Turkiye), 2005. FKP 69.6)

31. Зиямухамедова У.А., Убайдуллаев С.К., Рахимов Г.Н., Джумабаев Д.А., Кулуев А.Р. Разработка методики комплексной оценки экологически эффективных композиционных материалов для хлопкоочистительной промышленности// Композиты XXI века: Доклады Международного симпозиума. –Саратов, 2005. –С. 414-417.

32. Зиямухамедова У.А. Исследование возможностей решения экологических и энергетических проблем хлопкоочистительной промышленности применением антифрикционных материалов на основе местного сырья // Прикладная экология и устойчивое развитие: Материалы международной научно-методической конференции. –Карши, 2005. –С.92-93.

33. Зиямухамедова У.А. Новые методы оценки эффективности антифрикционных материалов для рабочих органов хлопкоочистительных машин // INNOVATION-2005: Сб. научных статей международной конференции. –Ташкент, 2005. –С. 100-101.

34. Зиямухамедова У.А. Разработка композиционных полимерных покрытий сформированных гелиотехнологическим методом, с использованием местных механоактивированных природных минералов // Новые технологии получения композиционных материалов на основе местного сырья и их применение в производстве: Тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. –Ташкент, 2005. –С.149-150.

35. Зиямухамедова У.А. Термодинамические основы управления структурной приспособляемостью антифрикционных композиционных полимерных материалов и технологии их получения // Получение нанокompозитов, их структура и свойства: Материалы Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных учёных. – Ташкент, 2007. – С.134-136.

36. Зиямухамедова У.А., Хабибуллаев А. Х., Джумабаев Д.А. Выбор математической модели структурообразования гетерокompозитов получаемых активационно-гелиотехнологическим методом// Композиционные материалы: структура, свойства, и применение: Материалы республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных учёных. – Ташкент, 2008. – С.142-143.

37. Зиямухамедова У.А., Хабибуллаев А.Х., Джумабаев А.Б. Повышение долговечности и эффективности крупногабаритных технологических оборудований с применением специальных покрытий из гетерокompозитов на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов// INNOVATION - 2009: Сб. научных статей международной конференции. 22-24 октября 2009. – Ташкент, 2009, – С 82-83.

38. Зиямухамедова У.А., Хабибуллаев А.Х. Получение композиционных покрытий для сложноконфигурационных технологических машин

гелиотехнологическим методом // INNOVATION-2010: Сб. научных статей международной конференции. –Ташкент, 2010. –С. 96-97.

39. Зиямухамедова У.А. Исследование закономерности отверждения эпоксидных композиций, сформированных гелиотехнологическим методом// Химическая технология 2012: Сб.тез.докл. IV Всероссийской конференции по химической технологии – Москва, 2012. – С 136-137.

40. Зиямухамедова У.А., Мирзахмедов М.Х., Хабибуллаев А.Х., Максудов М.З., Джумабаев А.Б. Машинасозликда қўлланиладиган пластмасса деталлари учун муқобил энергия асосидаги янги технология ва материаллар яратиш имконларини тадқиқотлаш // Современные материалы, техника и технология в машиностроении: В сб. материалов научно-технической конференции. – Андижан, 2012. – С. 10-14.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилди (09.02.2015 йил).

*Босишга рухсат этилди: 10.02.2015 й.
Қозғоз ўлчами 60x84-1/16
Ҳажми: 4,5 б.т., 100 нусха. Буюртма: №14
«Top Image Media» босмахонасида босилди.
Тошкент шаҳри, Я.Ғуломов кўчаси, 74-уй*