

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН  
МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР  
БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**БАКИРОВ ЛУТФИЛЛО ЮЛДОШАЛИЕВИЧ**

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН ПОЛИФУНКЦИОНАЛ ПОЛИМЕР  
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ СТРУКТУРАСИНИ  
ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ҲАМДА ТАРКИБИ ВА ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент – 2019**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)  
диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**  
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Бакиров Лутфилло Юлдошалиевич**

Модификацияланган полифункционал полимер композицион материалларнинг структурасини тадқиқ қилиш ҳамда таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Бакиров Лутфилло Юлдошалиевич**

Исследование структурообразования модифицированных полифункциональных полимерных композиционных материалов и разработка состава и технологии их получения ..... 24

**Bakirov Lutfillo Yuldoshalievich**

Study of the structure formation of modified polyfunctional polymer composite materials and the development of the composition and technology for their preparation ..... 44

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 47

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН  
МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР  
БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**БАКИРОВ ЛУТФИЛЛО ЮЛДОШАЛИЕВИЧ**

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН ПОЛИФУНКЦИОНАЛ ПОЛИМЕР  
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ СТРУКТУРАСИНИ  
ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ҲАМДА ТАРКИБИ ВА ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик.**

**Қуймачилик. металлларга термик ва босим остида ишлов бериш.**

**Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси**

**(қуймачилик ва металлларга термик ишлов бериш йўналиши бўйича)**

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

**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2019**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/T457 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Зиямухамедова Умида Алижоновна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Норхуджаев Файзулла Рамазанович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Заирова Дилфуза Назировна**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.28.02.2018.T.03.04. рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «05» декабрь соат 16<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./ факс:(99871)227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (118 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.:(99871)227-10-32).

Диссертация автореферати 2019 йил «22» ноябрь куни тарқатилди.  
(2019 йил «22» ноябрдаги 118 рақамли реестр баённомаси).

**К.А.Каримов**

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

**Н.Д.Тураходжаев**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

**Р.М.Михридинов**

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

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

**Диссертация мавзуининг долзарблиги ва зарурияти.** Жаҳонда замонавий машинасозлик саноатини такомиллаштириш, ишлаб чиқаришнинг турли соҳалари учун жаҳон талабларига мос, рақобатбардош ва импорт ўрнини босадиган технологиялар, машиналар ва механизмларнинг янги такомиллашган қурилмаларини яратиш, чуқур фундаментал тадқиқотларни олиб бориш, долзарб илмий-техник масалаларни ҳал этиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек, пахтани қайта ишловчи машиналарнинг эксплуатацион ишончилигини таъминлашда юқори самарали композицион полимер материаллардан мақсадли фойдаланиш, технологик жиҳозлар ишчи сиртларининг пахта сиртларига салбий таъсирини янги материаллар қўллаш орқали камайтириш ҳал этишни кутаётган долзарб илмий - техник муаммолардан бири ҳисобланади. Бу борада, ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Япония, Россия, Хитой, Туркия ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида полимер композицион материаллардан маҳсулотлар олишда ресурс тежамкорликни таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда замонавий машинасозлик ривожланишининг фундаментал ва амалий асосларидан бири бўлган материалшунослик ва янги материаллар технологиясида тадқиқотларни фаоллаштириш соҳасига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Етакчи давлатларнинг олимлари тадқиқотлари таҳлил қилинганда машинасозликда материалшуносликнинг долзарб илмий йўналишлари орасида нometаллар, хусусан полимер материалларни мақсадли қўллаш бўйича илмий тадқиқотларни ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шунингдек термореактив полимерларнинг оптимал таркибларини шакллантириш орқали физик, механик ва эксплуатацион ишончилигини таъминлаш ва машинасозликнинг кенг тармоқларида қўллаш ечимини кутаётган илмий-амалий муаммолардан бири ҳисобланади. Пахтани дастлабки қайта ишлаш корхоналарининг йирик технологик, мураккаб конфигурацияли машиналарнинг ишчи сиртларида самарали полимер материаллар асосида қопламаларни шакллантириш учун янги энергия ва ресурсларни тежовчи технологияларни ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда полимер композицион материаллардан маҳсулотлар олиш кенг йўлга қўйилган бўлиб, маҳаллий ашёларни қўллаш орқали ресурстежамкорликни таъминлаш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўрисида» ги Фармони.

берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан полифункционал гетерокомполит полимер материаллардан сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқиш, қуйма усулда олинаётган маҳсулотларнинг сифати, дизайни ва таннархини дунё стандартларига мослаштириш, маҳаллий ашёларни қўллашда ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон “2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон “Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурсларни тежаш” устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан композицион полимер материалларнинг хусусиятлари, структураси, таркиблари, физик, кимёвий, механик, эксплуатацион ва бошқа хоссаларини яхшилаш бўйича қўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилган. Материалшуносликда полимер материалларни кенг қамровли қўллаш бўйича дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Германия ва АҚШ тадқиқотчилари U.Bryggman, S.Hogmark, O.Vingsbo ва бошқалар томонидан полимер материалларнинг триботехник ва адгезион мустаҳкамлигининг самарадорлигини ошириш борасида илмий тадқиқотлар олиб борилган. Тадқиқот натижасида полимер материалларнинг ички тузилиши, структуравий мослашувчанлиги ва эксплуатацион ишончлилигини ошириш технологияси ишлаб чиқилган. Япония, Хитой ва Туркия олимлари Saito Karumi, Mori Eiji, Takagi Hisashi, Kaneke Seiji, Th.Holken ва бошқалар томонидан полимер материалларнинг таркибларини оптималлаштириш орқали структураларини бошқариш усуллари ишлаб чиқилган. Тадқиқотларда машиналар механизмларининг ишчи органлари ва уларнинг эксплуатацион хоссалари инобатга олинган.

МДҲ мамлакатлари, жумладан рус ҳамда беларус олимлари Ениконов Н.С., Бартенев Г.Н., Берлин А.А., Белый В.А., Свириденок А.И., Струк В.А., Ляпо В.А ва бошқалар томонидан механик хусусиятлар ва устмолекуляр структураларнинг металл-полимер системалари антифрикцион - ейилишбардошлилик хоссаларини оширишга эришилган.

Бугунги кунда Ўзбекистон олимларидан полимер композицион материалшуносликнинг ривожда академиклар С.С.Негматов, М.А.Асқаров, С.Ш.Рашидова, т.ф.д., профессорлар А.Ибодуллаев, З.А.Таджиходжаев, А.В.Умаров, А.А.Рискулов ва сирт структураларини оптималлаш, технологик нотекисликлар параметрларини бошқариш бўйича академик Р.Г.Махкамов, композицион полимер қопламаларнинг пахта билан ўзаро таъсирлашувида структуравий мослашувининг ўзига хос жиҳатлари бўйича профессор У.А.Зиямухамедова, композит материалларни қўллаш ва уларни физик модификациялаш бўйича профессор Н.С.Абед, технологик жиҳозлар ишчи органлари конструкцияларини оптималлаштириш бўйича профессор А.Джураев, композит полимер материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг абразив ейилишбардошлилигини ошириш бўйича профессор А.Б.Джумабаев, композит полимер материаллардан ясалган пахта пневмотранспортлари иши самарадорлигини баҳолаш бўйича профессор Х.Т.Ахмедходжаевлар илмий тадқиқот ишларини олиб борганлар. Натижада пахтани механик жароҳатдан сақлаш эвазига табиий хусусиятини маълум даражада сақлашга эришилган.

Аммо, бу олиб борилаётган ишларда маҳаллий ашёлардан рационал фойдаланиш ва уларнинг янги хусусиятларини очишга етарлича эътибор берилмаган илмий-амалий жиҳатлар мавжуд. Пахтанинг, хусусан пахта толасининг механик жароҳатига материал структура ва хусусиятининг сон жиҳатдан таъсири ўрганилмаган ва ҳисобга олинмаган. Пахта билан гетерокомполит полимер материалларнинг фрикцион ўзаро таъсирланишувида структуравий мослашувига ҳамда бу соҳада янги материаллар ва технологиялар ишлаб чиқишда маҳаллий ашё ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланишга етарли эътибор берилмаган. Гетерокомполит полимер материаллар асосида қопламалар олишнинг самарали турларини яратиш долзарб муаммо бўлиб қолмоқда.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ҳамда “Андижон пахта саноати ҳудудий филиали” МЧЖ, “Самарқанд пахтамаш” МЧЖ, “Каттакўрғон пахтамаш” МЧЖ, “Уз-ДонгЖУ пэинт Ко” МЧЖ ҚҚ, “Қорасув пахта тозалаш” АЖлар билан тузилган ҳамкорлик шартномалари ва Давлат илмий-техника дастурлари доирасида бажарилаётган №ОТ-Ф-2-41. «Машинасозлик учун маҳаллий ашёлар ва маҳаллий энергетик ресурслар асосидаги гетерокомполит полимер материалларнинг структуравий шаклланиш жараёнлари ва функционал хусусиятларининг тадқиқотлари» мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** полифункционал кўп қатламли гетерокомполит полимер материалларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини самарали ошириш учун модификациялаш асосида оптимал структура ҳосил қилиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

маҳаллий ашё (Ангрен каолини, ипакни қайта ишлаш чиқиндиси,

хлорланган полиэтилен) ва альтернатив энергия ресурсларидан фойдаланиб янги гетерокомполит полимер материалларни яратиш имкониятларини тадқиқотлаш;

пахта билан фрикцион таъсирланишувда ишлайдиган машинасозлик конструкцион материалларни экспериментал тадқиқотлашнинг замонавий усул ва воситаларини ишлаб чиқиш;

тўлдирувчиларнинг миқдори ва табиатининг гетерокомполит полимер материалларнинг деформацияланиш хусусиятларига ва структуралари шаклланишига таъсирини аниқлаш;

пахта билан фрикцион ўзаро таъсирланишувда аввалдан мўлжалланган эксплуатацион хусусиятни намоён этадиган янги гетерокомполит полимер материалларни олишнинг структуравий-технологик факторларини бошқариш усулини аниқлаш;

саноатда ишлаб чиқарилиши йўлга қўйилган маҳаллий минерал тўлдирувчилар, хусусан “Ангрен каолин” ОАЖ маҳсулотларини тўлдирувчи сифатида оптимал гранулометрик таркибларини ишлаб чиқиш ва қўлланилишидан техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш;

математик моделлаштириш ва тадқиқот натижаларига ишлов бериш билан уларнинг ишонарлилигини таъминлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида пахтага дастлабки ишлов бериш корхоналарининг йирик габаритли технологик жиҳозларининг ишчи сиртлари, маҳаллий минераллар асосидаги тўлдирувчилар ва гелиотехнология усули олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** маҳаллий ашё (каолин, ипакни қайта ишлаш чиқиндисини ва кимёвий модификаторлар) ва альтернатив энергия ресурсларидан фойдаланиб, полифункционал гетерокомполит полимер материаллар асосида оптимал таркибли, табиий куёш нурларида термик ишлов бериш асосида кўпқатламли қопламалар олиш технологияси.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида гетерокомполит полимер материалларнинг ИК-спектроскопия, ДТА, ТСТ-анализлари, атом-куч микроскопия (АСМ), деформация, мустаҳкамлик, қаттиқлик, адгезия, триботехник, коррозиябардош хоссаларни аниқлашнинг стандарт усуллари ва воситалари асосида ўрганилган.

**Тадқиқотининг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

пахта билан ўзаро фрикцион таъсирлашувда толанинг механик жароҳатланишини камайтирадиган ишқаланувчи сирт структурасини ва хусусиятини ҳисобга олган ҳолда ҳақиқий тегишув юзасини баҳолашнинг такомиллаштирилган янги математик модели ишлаб чиқилган;

полифункционал гетерокомполит полимер материаллар асосида кўп қатламли қопламаларнинг компонентлари таркиблари, хоссалари ва шакллантирилиш технологиясини оптималлаштирилган;

оптимал ички ва ҳажмий структурасини ҳосил қилишда маҳаллий минерал тўлдирувчиларни полифункционал кўп қатламли қопламалар геометрик ўлчамлари, тўлдирувчилар миқдори ва гранулометрик таркибини аниқланган;

маҳаллий ашёвий ва энергетик ресурслардан оптимал фойдаланиш имконини яратадиган гетерокомпозит полимер материалларни модификациялаш ва термик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Пахтани дастлабки қайта ишлаш корхонасининг йирик ўлчамли технологик машиналар учун гетерокомпозит полимер қопламаларга талаб қилинган муддатни таъминлайдигин пўлат сиртлар билан юқори адгезион мустаҳкамлик, ишқаланувчи контр жисм (пахта) билан антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, хосса ва структурани намоён этадиган ашёвий ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланишни таъминлайдиган янги таклиф этилган активацион-гелиотехнология усули қўлланилган;

Йирик ўлчамли технологик жиҳозлар учун пахта билан ўзаро таъсирланишувда антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, адгезион қатламлардан иборат пахтанинг нисбатан кам механик жароҳатланишини таъминлайдиган полифункционал гетерокомпозит полимер қопламаларнинг таркиблари, уларни олиш ва мақсадли қўллаш технологияси таклиф этилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги стандарт қурилма ва усулларни қўллаш, структуравий ва антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, адгезион қатламлардан гетерокомпозит полимер материаллар таркиблари миқдорларини ЭХМ дастурларини қўллаб математик ишлов бериш, олинган натижалар ноаниқлигини баҳолаш ва уларни мавжуд натижаларга таққослаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти йирик ўлчамли технологик жиҳозлар ишчи сиртлари учун полифункционал, кўпқатламли гетерокомпозит полимер қопламаларнинг талаб қилинган структураси, технологик параметрлари, компонентлар тури ва таркиблари бўйича зарур антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, адгезион хусусиятларини намоён этиш билан технологик жиҳозлар самарадорлигини оширишни илмий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий ашё ва альтернатив энергия ресурсларидан фойдаланиб кўпқатламли полифункционал гетерокомпозит полимер қопламаларнинг қалинлиги, физик-механик ва эксплуатацион хусусиятлари, компонентларнинг миқдорий ва гранулометрик таркиби, технологик жиҳозларнинг ишлаш муддатида уларнинг пахта толаси ва чигитнинг механик жароҳатини камайтириш самарадорлигини оширишга қаратилганлиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Модификацияланган полифункционал полимер композицион материалларнинг структурасини тадқиқ қилиш ҳамда таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш тадқиқотлари бўйича олинган натижалар асосида:

таклиф этилган янги таркибли гетерокомпозит полимер қопламаларни “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖда жорий қилинган (O`ZPAXTASANOAT АЖнинг 2019 йил 23 августдаги 02-18/5021-сон

маълумотномаси). Натижада корхона технологик жиҳозининг иш унумдорлиги 10-15% га ошган;

олинган полифункционал кўп қатламли қопламалар “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖда жорий қилинган (О`ЗРАХТАСANOАТ АЖнинг 2019 йил 23 августдаги 02-18/5021-сон маълумотномаси). Натижада корхона технологик жиҳозларининг ишлаш муддати ейилишдан сақлаш эвазига 30-35% га ошган;

ишлаб чиқилган антифрикцион қатламли қопламаларнинг оптимал таркиблари “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖда жорий қилинган (О`ЗРАХТАСANOАТ АЖнинг 2019 йил 23 августдаги 02-18/5021-сон маълумотномаси). Натижада толанинг механик жароҳатланиши ўртача 0,45-0,90% га камайган;

ишлаб чиқилган қопламаларнинг антифрикцион-ейилишбардош қатлами оптимал таркиблари “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖда жорий қилинган (О`ЗРАХТАСANOАТ АЖнинг 2019 йил 23 августдаги 02-18/5021-сон маълумотномаси). Натижада чигитнинг эзилиши 6-10% га камайган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 12 та, жумладан 9 та халқаро ва 3 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуи бўйича жами 33 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 8 та мақола, жумладан 6 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда, 1 таси scopus базасидаги журналда нашр этилган, 4 та ЭХМ дастурига гувоҳнома олинган ва битта ҳаммуаллифликдаги монография нашр этилган.

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

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзу бўйича ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Кўпфункционал гетерокомпозит полимер материаллар яратиш ва модификациялаш муаммоларининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи боби пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозлари ишчи органлари учун антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, ейилишбардошли гетерокомпозит полимер материаллар

ишлаб чиқиш масаласининг замонавий ҳолатига бағишланган. Гетерокомпозит полимер материалларнинг пахта хомашёси билан ўзаро фрикцион таъсирлашувининг ўзига хослиги кўриб чиқилган. Пахтанинг табиий хусусиятини яхшилашга нафақат машиналар ишчи органлари деталлари тайёрланадиган материаллар сиртки хусусиятларини оптималлаштириш билан, балки фрикцион контактда бевосита қатнашувчи гетерокомпозит полимер қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш билан ҳам эришиш мумкинлиги таъкидланган. Маълумки, материалларнинг физик-механик ва эксплуатацион хусусиятларини физик-кимёвий модификациялаш усуллари билан яхшилаш мумкин, ammo мазкур усуллар йирик ўлчамли технологик жиҳозлар сиртларида композит полимер қопламаларни модификациялаш учун қўлланила олмайди.

Шу билан бирга таъкидлаш лозимки, маҳаллий ашёлар асосида машинасозлик деталлари олиш ва уларни мақсадли қўллаш бўйича профессор Рискулов А.А раҳбарлигида термопласт полимерлар асосида янги композит, хусусан фторли бирикмалардан самарали фойдаланиш устида илмий тадқиқот ишлари олиб борилаётган бўлса, профессор Зиямухамедова У.А раҳбарлигида пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозлари ишчи сиртларида кўпфункционал қопламалар ва уларнинг структуравий мослашувчанлиги, хусусан гетерокомпозит полимер материалларнинг антифрикцион, антифрикцион ейилишбардошли, адгезион қатламларнинг структураларини яратиш бўйича янги активацион-гелиотехнология йўналишида кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жумладан, профессор Зиямухамедова У.А раҳбарлигида т.ф.н., доцент Хабибуллаев А томонидан олға сурилган энергия ва ресурстежамкор технологияларни янада такомиллаштириш зарурияти аниқланган.

Диссертация ишининг тадқиқот мақсади ва вазифаларини аниқлаш имконини берган, пахтани қайта ишлаш бўйича йирик ўлчамли машина деталлари учун антифрикцион, антифрикцион-ейилишбардошли, адгезион қатламли полимер қопламаларни активацион-гелиотехнология усулида модификациялаш маҳаллий ашё ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланишда мақсадга мувофиқлиги асосланди.

Юқорида таъкидланганлар асосида ишнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинди.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объектларини, гетерокомпозит полимер материалларнинг хоссасини тадқиқ қилиш усул ва воситаларини танлаш**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти, метод ва воситаларини танлаш асосланган.

Гетерокомпозит полимер материалларни модификациялашнинг самарали тури сифатида маҳаллий ашё ва энергетик ресурслардан рационал фойдаланиш имконини берадиган структуралаштириш усулларининг мақсадга мувофиқлиги асосланган. Тадқиқот объекти сифатидаги қопламалар учун терморреактив боғловчи эпоксид смоласи ЭД-20 асосидаги композитлар ва тўлдирувчилар: маҳаллий ашёлардан каолин, графит, хлорланган

полиэтилен ҳамда ипакни қайта ишлаш чиқиндиси (ИҚИЧ) олинди (1-жадвал).

1-жадвал

### Қоплама учун танланган материаллар

Материаларнинг номланиши	ГОСТ ёки ТШ	Изоҳ
Эпоксид смоласи (ЭД-20)	ГОСТ 10587-72	Терморреактив боғловчи <sup>1</sup>
Дибутилфталат (ДБФ)	ГОСТ 8728-76	Пластификатор
Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	ТШ 6-02-594-70	Қотиргич
Графит (уваланувчан)	ГОСТ 44404-88	Тўлдирувчи ( $d \leq 20$ мкм)
Ангрен каолини	ГОСТ 6138-61	Тўлдирувчи ( $d \leq 20$ мкм)
Ипакни қайта ишлаш чиқиндиси (ИҚИЧ), синчловчи	O`zDSt 993-2011	Тўлдирувчи ( $d \leq 2$ мм)
Модификатор хлорланган полиэтилен (ХПЭ)	O`zDSt	Структураловчи

1.Боғловчи эпоксид компоунди -ЭД<sub>к</sub>=ЭД-20 (100 масса қисм) + ДБФ (18 масса қисм) + ПЭПА(12 масса қисм)

Модель ва назорат намунаси сифатида пахтани қайта ишлаш бўйича йирик ўлчамли технологик машиналар ишчи органларида кенг қўлланиладиган намуна конструкцион материал – пўлат (Ст3) олинди.

Диссертация ишини бажаришда Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ректори профессор Турабджанов С.М ва Андижон шаҳридаги “Uz Dong Ju Paint Co” ҚК директори.Азимов У.И ўртасида 05.01.2018 йилда 145-сонли 5 йил муддатга тузилган ўзаро ҳамкорлик шартномасининг 1.4, 2.2, 3.2 бандларига ва ОТ-Ф 2-41 сонли фундаментал лойиҳа режасига мувофиқ илмий тадқиқот ишлари олиб борилди. Намуналарнинг механик хусусиятлари корхонанинг ИСО/МЕК 17025:2005 Халқаро ва O`zDST ISO/IEC 17025:2007 Республика стандартлари асосида фаолият олиб бораётган аккредитацияланган синов лабораториясида қуйидаги кўрсаткичлар:

- НВ-микроқаттиқлик (твёрдомерлар №3635 сер. №3389/06 01.05.2019-01.05.2020) ва ТошДТУнинг ПМТ-3 жиҳозларида;

-  $\sigma_{уд}$  – зарбий мустаҳкамлик IMPACT TESTER J-020 №5512 сер. №10-951 28.11.2018-28.11.2019;

-  $\sigma_{эГ}$  – эгилишга мустаҳкамлик Bending Tester №5750 сер. №10-954 28.11.2018-28.11.2019;

- адгезион мустаҳкамлик №315 сер 2236 28.03.2019-28.03.2020

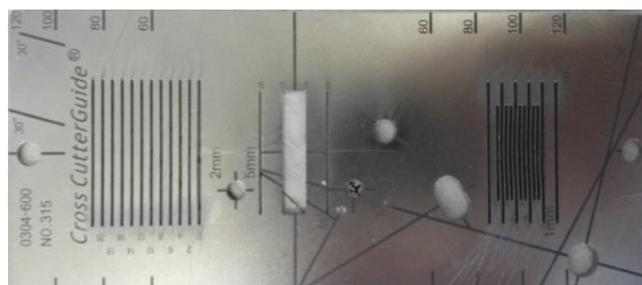
адгезиомер;

- қоплама геометрик ўлчамларини путурсиз баҳолаш усулига асосланган №434817 сер. 3374 01.05.2019-01.05.2020 бўйича синов лабораторияси жиҳозларида стандартлашган усул ва воситалар ёрдамида аниқланди. Олинган натижалар хатолиги 3% дан кам миқдорда қафолатланган (6-февраль 2019 йилдаги маълумотномаси).

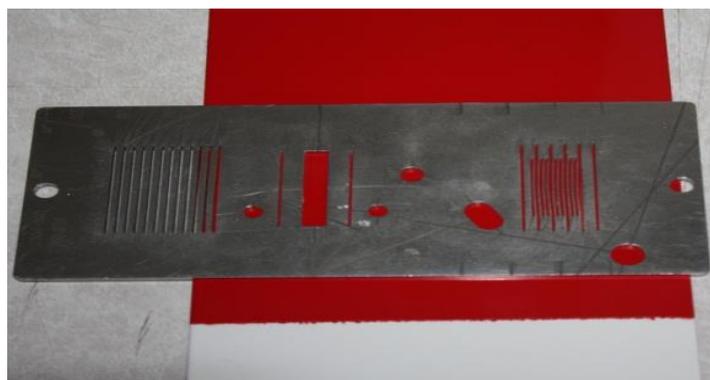
Қопламалар учун муҳим ҳисобланадиган адгезион мустаҳкамликни ўлчаш воситалари ва усули 1-расмда тасвирланган.



a)



b)



c)

**а-адгезион мустаҳкамликни баҳолаш учун сунъий катакчалар ҳосил қилиш, б-эталон ўлчов чизғичи, с-қопламани адгезион мустаҳкамлигини аниқлаш**  
**Рис. 1. ГКПҚнинг адгезион мустаҳкамлигини ўлчаш восита ва методлари**

Экспериментларда кондицион намлиги 8-12% ва ифлосланганлиги 3-12% бўлган Андижон-36 ва С-65-24 навли чигитли пахталардан фойдаланилди.

Назоратланадиган параметрлар сифатида қоплама сиртининг барқарорлашган нотекислиги баландлиги ( $R_z$ ), ишқаланиш сирти ҳарорати ( $T_{тр}$ ), асосий трибопараметрлар сифатидаги ишқаланиш коэффициенти ( $f$ ) металл сиртга нисбатан пахта хомашёсининг нисбий механик жароҳатланиши ( $\delta_0$ ) ва қоплама чизиқли ейилишининг жадаллиги ( $I_1$ ) танлаб олинди.

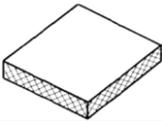
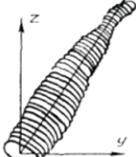
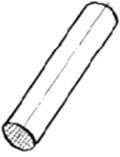
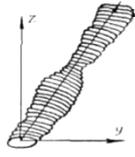
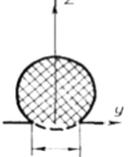
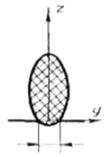
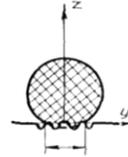
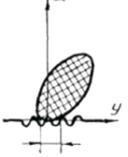
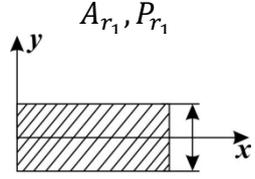
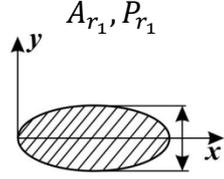
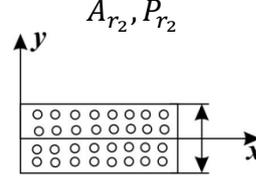
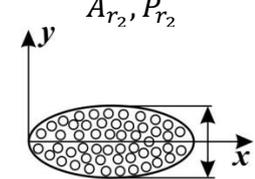
Тадқиқ қилинган ГКПМ компоненти таркиблари ва эксплуатацион хоссалари оптималлаштириш ва тадқиқот натижаларини қайта ишлашда Лагранж интерполяция формуласи ҳамда махсус ишлаб чиқилган DGU 06066, 06067-сонли дастурдан фойдаланилди.

Кўп функционал ГК полимер қопламаларнинг эксплуатацион, яъни триботехник хусусиятлари ҳамда пахтанинг нисбий механик жароҳатланиши профессор У.А.Зиямухамедова раҳбарлигида илк бор ишлаб чиқилган давлат стандарти (O`zDST 2822-2014)га мувофиқ. Профессор Джумабаев А.Б раҳбарлигида ишлаб чиқилган дунёда аналоги йўқ (ЎзР ИМА томонидан “ЭНГ ЯХШИ ФОЙДАЛИ МОДЕЛЬ” номинацияси бўйича 1-ўрин билан тақдирланган №FAP00782) трибометр ёрдамида аниқланди.

Диссертациянинг «**Кўп функционал композит полимер материаллар яратишнинг назарий ва технологик асослари**» деб номланган учинчи бобида пахта хомашёси деформацияланувчанлиги ўта юқори бўлган сиқилувчан объект ҳисобланади. Ҳақиқий тегишув сиртининг нотекисликларини ҳисобга олмай, абсолют (мутлоқ) текис сирт деб фараз қилиш орқали ГКП қоплама сирти билан асосий тегишувда фақат пахта толаси деформациясидан ҳосил бўладиган тегишув (контакт) юзаларини пахта толаси сиртларида ҳам унинг пишиб етилишига боғлиқ нотекисликлари, полимер материаллар учун яқка нотекисликлар чўққисининг радиуси ( $r$ ), унинг баландлиги ( $h$ ) дан анча катта  $r \gg h$  эканлигини инобатга олсак, ҳосил бўладиган нисбий ХТЮ учун тасвирланган модель (2-расм) ўринли бўлади. Бу модель орқали камида тўрт хил нисбий ХТЮ ҳосил бўлишини тасаввур этиш мумкин: тўғри тўртбурчакли, ромбсимон эгри чизиқли ва бўшлиқларга эга бўлган тўғри тўртбурчакли ва худди шундай ромбсимон эгри чизиқли.

Қуйидаги ифодаланган 2-расмга асосан таъкидлаш мумкинки, пишиб етилмаган тола ўлчамларида цилиндрсимон шакл ўрнига микроно-текисликлардан иборат ҳақиқий тегишув юзаси пайдо бўлиши натижасида унинг сон қиймати камлиги туфайли тегишувда ҳақиқий босим ( $P_{r2}$ ) нинг миқдори номинал тегишув юза босими ( $P_a$ ) ва пишиб етилган цилиндрсимон тола билан полимер материали тўқнашувида ҳосил бўладиган, толанинг кўндаланг ва бўйлама ўлчамлари бўйича ҳосил бўладиган реал босим ( $P_{r1}$ ) дан катта бўлади. Натижада таъсир этувчи ички ва ташқи омиллар бир хил бўлганда толанинг жароҳатланиши реал босим, хусусан  $P_{r2}$  миқдорига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Яъни пахта толасининг сирт нотекислиги учун механик жароҳатини оширишга олиб келади.

Тадқиқотнинг бу натижалари фрикцион жараёнда толанинг чўзилишга мустаҳкамлиги кўп бўлса, жароҳатланиш кам бўлади деб кўп йиллардан буён таъкидланиб келинаётган назарий ёндашув мутлақ тўғри эмаслигини асослайди. Паст навли сирти нотекис бўлган толаларнинг чўзилишга мустаҳкамлигининг нисбатан камлигига эмас, балки  $P_{r2}$  реал босимнинг юқори эканлиги билан асосланади. Бу эса ХТЮ нинг шаклланиши аввалдан олға сурилган назарияларда камчилик мавжудлигини кўрсатади ва биз таклиф этаётган нисбий тегишув сирти  $\eta_r$  учун такомиллаштирилган математик моделни ишлаб чиқиш заруриятини тақозо этади.

Полимер материалнинг силлик сирт модели			
			
Пахта толасининг структуравий модели			
			
Силлик полимер сирт билан тола ўзаро фрикцион таъсирлашуви			
			
Ўзаро фрикцион таъсирлашувда ҳосил бўладиган ҳақиқий тегишув юза (ХТЮ) шакллари			
			

**2-расм. Полимер материаллар билан пахта толасининг пишиб етилишига боғлиқ сирт микротекстликларига боғлиқ ҳолда ҳақиқий тегишув юзасининг шаклланиш схемаси: 1-тўғри тўртбурчакли; 2-ромбсимон эгри чизикли; 3-бўшликли тўғри тўртбурчакли; 4-ромбсимон эгри чизик билан чегараланган бўшликли**

Маълумки, технологик жиҳозлар ишчи сиртлари билан пахтанинг фрикцион тўқнашувида содир бўладиган толанинг механик жароҳати ҳақиқий тегишув юзасида ҳосил бўладиган босим миқдорига боғлиқ бўлади ва у тегишув юзасининг нисбий миқдори  $\eta_r$  орқали профессор А.Б. Джумабаев таклиф этган (1) ифодани шаклан бошқачароқ кўринишидаги қуйидаги ифода орқали баҳоланади:

$$\eta_r = \frac{Pa}{\pi} \sqrt{\frac{8\pi d}{E'}} \left[ \frac{1}{\sqrt{q_1}} + mA_{a_1}^c \left( \frac{1}{\sqrt{q_2}} - \frac{1}{\sqrt{q_1}} \right) \right]; \quad (1)$$

бу ерда:  $\eta_r$  – пахта билан ишқаланувчи сиртнинг нисбий тегишув улуши (бирликсиз сон),  $Pa$  – пахта билан ишқаланувчи сиртда ҳосил бўладиган номинал босим (МПа),  $E'$  – пахта толаси билан ишқаланувчи сирт материалнинг келтирилган Юнг модули (МПа),  $d$  – ишқаланиш сиртида иштирок этадиган пахта толасининг диаметри, мкм,  $m$  – ишқаланишда иштирок этаётган пахта чигитлари (сон дона),  $q_1$  ва  $q_2$  – мос равишда ишқаланувчи сирт билан тегишувда ҳосил бўладиган чигитсиз ва чигитли толани деформацияловчи ёйилма кучлар (Н/м),  $A_{a_1}^c$  - чигит кўндаланг кесим юзасига тўғри келадиган контур бўйлаб сирт (м<sup>2</sup>).

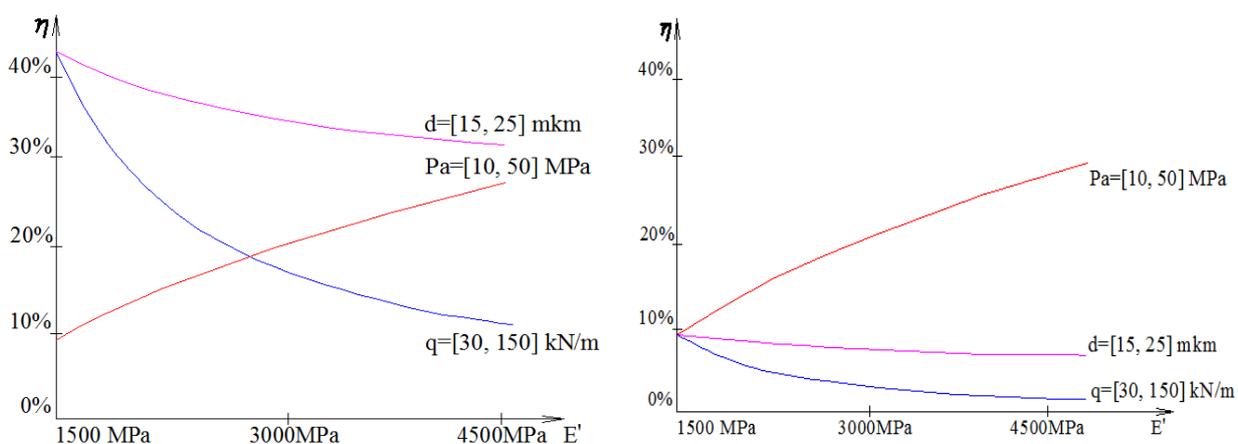
Ифода (1) статик ҳолат таҳлилидан келтириб чиқарилган. Амалда технологик жиҳоз билан пахтанинг фрикцион тўқнашувида аниқ ифодаланган чигит ости ва чигитсиз зонада икки хил босим эмас, балки ўртача босим юзага келади. У ҳолда  $\eta_r$  формуладан  $q_1 = q_2$  деб, шартли қабул қилиб, керакли математик ўзгаришларни амалга оширсак, (2) ифодага эга бўламиз.

$$\eta_r = \frac{2Pa}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi d}{E' \cdot q_1}}; \quad (2)$$

кўринишга келади.

Бу назарий таҳлил асосида  $q$  нинг исталган чегаравий қийматлари орасида толанинг жароҳатланиши ҳақиқий қийматларини эксперимент ўтказмай туриб, олдиндан ҳисоблаб башоратлаш мумкин.

Бу илмий ғояни исботлаш учун гетерокомполит полимер (ГКП) материалларнинг механик хоссаларини ўзгартириб, ҳар хил навли пахта толаси билан ҳосил бўладиган ҳақиқий тегишув сиртини аниқлаш ва оптимал механик хусусиятли ГКП материал танлаш усул ва воситалари яратилди. Қайд этилган 2-3 ифодалар орқали йиғинди  $\eta_r$  – (ҳақиқий тегишув юза) ни махсус ишлаб чиқилган компьютер дастури (DGU №06756) ни қўллаб, муайян пахта нави учун чегаравий ҳолат миқдорларини аниқлаш мумкин. Тадқиқот натижалари 3-расмда келтирилган.

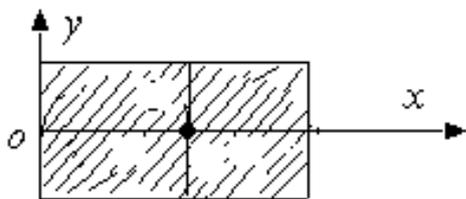


**3-расм. Ҳақиқий тегишув юзаси нисбий ўзгаришининг ишқаланувчи материаллар механик хусусияти келтирилган Юнг модулига боғлиқлиги графиги**

Ҳақиқий тегишув юзаси нисбий ўзгаришининг ишқаланувчи материаллар механик хусусияти келтирилган Юнг модулига боғлиқлиги акс этган 5-расмда келтирилган  $\eta_r$  ва  $E'$  функционал боғланиш графикларида  $q$ ,  $Pa$  ва  $d$  параметрларининг материал хусусиятига қараб ўзгариш жадаллигини таҳлил этиш мумкин.

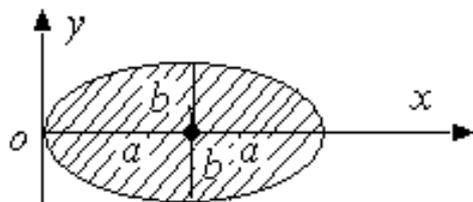
Оптимал ҳолат сифатида эгри чизиқлар кесишган нуқта атрофини танлаш табиий. Шу билан бирга таъкидлаш лозимки,  $q$  ёйилма куч  $Pa$  номинал босимга боғлиқ бўлгани учун унинг чегаравий миқдорини  $Pa$  миқдори билан асослаш кифоя.

Пахта толаси пишиб етилишига боғлиқ бўлган ҳақиқий тегишув юзалари йиғиндиси интеграл тенгламаси куйидагича ифодаланади:



$$S = h \int_{x_0}^{x_1} dx = h(x_1 - x_0); \quad (3)$$

Тўғрибурчакли тўртбурчак юза (а)



$$\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \quad (4)$$

бу ердан

$$\frac{y^2}{b^2} = 1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}; \quad (5)$$

эллипсимон эгри чизиқли юза (b)

**4-расм. Тўғри бурчакли тўртбурчакли (а) ва эллипсимон эгри чизиқли(б) тегишув юзалар**

Эллипс тенгламасини  $Y$  га нисбатан ечамиз, ва бу ерда:

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x(2a-x)}; \quad (6)$$

Эллипсимон эгри чизиқ эгаллаган юзанинг юқори ярим текисликдаги қисми:

$$S = \frac{2b}{a} \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{x(2a-x)} dx = \frac{b}{a} (x-a) \sqrt{x(2a-x)} \Big|_{x_0}^{x_1} + ab \arcsin \frac{x-a}{a} \Big|_{x_0}^{x_1}; \quad (7)$$

Эллипсимон эгри чизиқ эгаллаган юзанинг пастки ярим текисликдаги қисми:

$$S = -\frac{2b}{a} \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{x(2a-x)} dx = -\frac{b}{a} (x-a) \sqrt{x(2a-x)} \Big|_{x_0}^{x_1} - ab \arcsin \frac{x-a}{a} \Big|_{x_0}^{x_1}; \quad (8)$$

Ҳисобий натижалар шуни кўрсатдики, техник нави (сорти) бир хил деб қабул қилинган Андижон-36 ва С-2465 ўрта толали пахталар учун  $k_1 \leq 1$ , яъни сон жиҳатдан 1 га яхлитлаш мумкин бўлган 0,85-0,95 қийматга тенг бўлиши аниқланди.

Паст навли, яхши пишиб етилмаган ромбсимон толанинг ХТЮлар учун  $k$  нинг ҳисобий қиймати сезиларли даражада  $k_2 < 1$  бўлиб 0,72-0,83 ни

ташқил этди. Яъни ХТЮда ғовакликнинг кўпайиши пахта толаси жароҳатига унинг миқдорини ошириб, салбий таъсир кўрсатиши илмий асосланди.

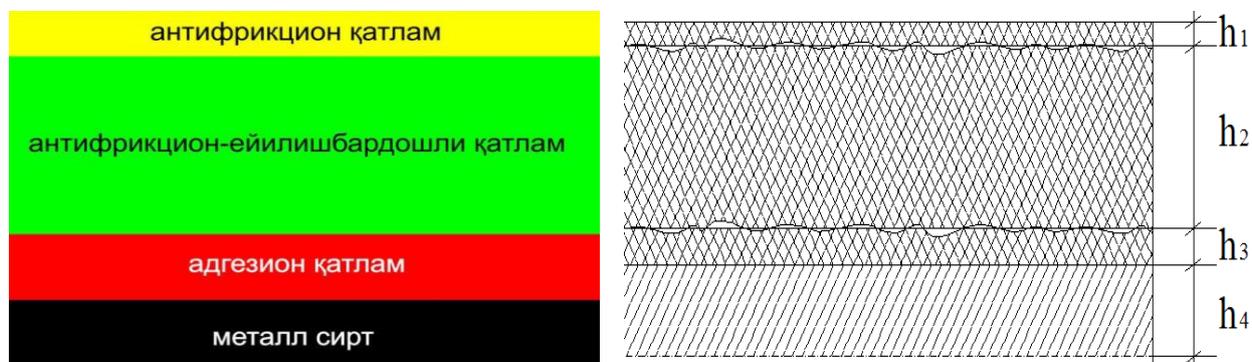
Шундай қилиб таъкидлаш лозимки, пахта билан ишқаланиш жараёнида контр жисм сирт нотекислигидан ташқари пахта толаси сирт нотекислиги ҳам жараёнга аҳамиятли таъсир этиши математик моделини такомиллаштириш ва ҳисобий экспериментлар ўтказиш билан асосланди.

Диссертациянинг «**Экспериментал тадқиқот натижалари ва уларни мақсадли қўллаш билан техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш**» деб номланган тўртинчи боби тадқиқот натижалари ва уларни таҳлил қилиш, синовдан ўтказиш, жорий этиш ва иқтисодий самарадорлигини баҳолашга қаратилган.

Диссертациянинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб катта ўлчамли, мураккаб конфигурацияли пахтани қайта ишлаш технологик жиҳозларида самарали кўп қатламли полифункционал қоплама олиш технологияси таклиф этилди.

Кўпқатламли полифункционал ГКПҚларнинг қотиш жараёнида қатламлар ўзаро мустақкам боғланадиган реологик ҳолатда, олдиндан белгиланган: 100-150 мкм (1-қатлам); 1400-1700 мкм (2-қатлам); 100-150 мкм (3-қатлам) қалинликларда назарий таҳлил қилинган схема (5-расм) мувофиқ экспериментал намуналари (6-расм) ҳосил қилинди ва триботехник синов ўтказилди.

Триботехник синовдан кейинги сирт структуралари 7-расмда ифодаланган.



$h_1$ - антифрикцион қатлам,  $h_2$ - антифрикцион-ейилишбардошли қатлам,  
 $h_3$ - адгезион қатлам,  $h_4$ -металл сирт

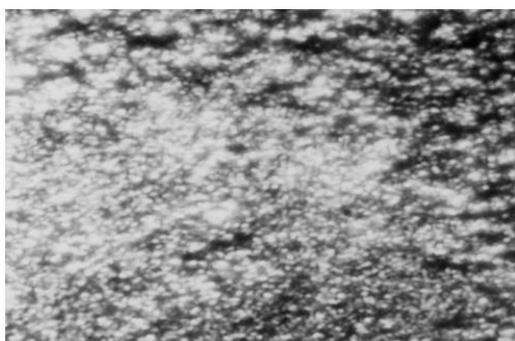
5-расм. ГКП қопламалар намуналар сирт структураси схематик ифодаси

Триботехник синов (7-расм) натижаси таҳлилидан таъкидлаш лозимки, антифрикцион (трибомослашувчан) қатлам  $h_1$  қатлам билан антифрикцион ейилишбардошли  $h_2$  қатлам сиртларида ҳосил бўлган ишқаланиш изларида пахтанинг гетерокомпозит полимер қоплама сиртларига салбий таъсири  $h_2$  га нисбатан  $h_1$  да кучлироқ намоён бўлганини яққол кўриш мумкин.

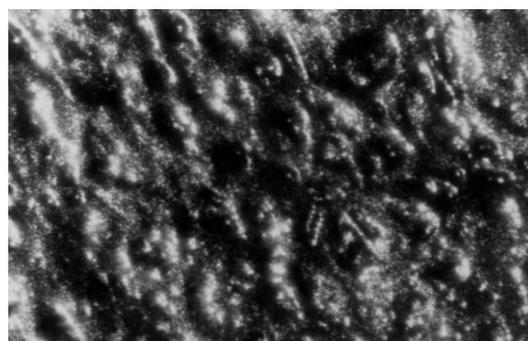
Кўп қатламли гетерокомполит полимер қопламаларнинг геометрик, миқдорий ва эксплуатацион тавсифлари

Қопламаларнинг геометрик ўлчами <sup>2</sup> ва миқдорий тақсимооти				Эксплуатацион тавсифлари
қалинлиги, мкм		таркиблари	миқдори, масс.қ	
h <sub>1</sub>	100	ЭД-20 АКФ-78 АКС-30 Графит	100	Трибомослашувчан антифрикцион қатлам
	125		3	
	150		10	
h <sub>2</sub>	1400	ЭД-20 АКТ-10 АКС-30 Графит ИҚИЧ ХПЭ	100	Антифрикцион ейилишбардошли қатлам
	1550		20	
			10	
			2	
			2	
1700	2			
h <sub>3</sub>	100	ЭД-20 АКТ-10 АКС-30	100	Адгезион қатлам
	125		10	
	150		5	

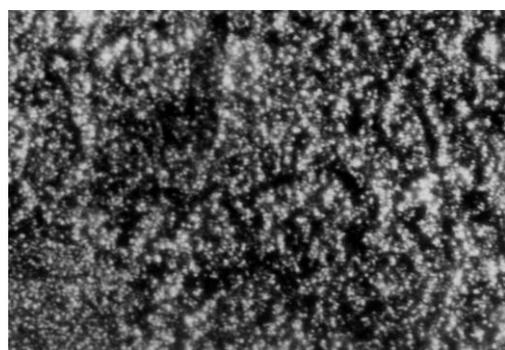
2. Қопламанинг умумий қалинлиги:  $h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3 = 2000 \pm 50$  мкм



a)



b)



c)

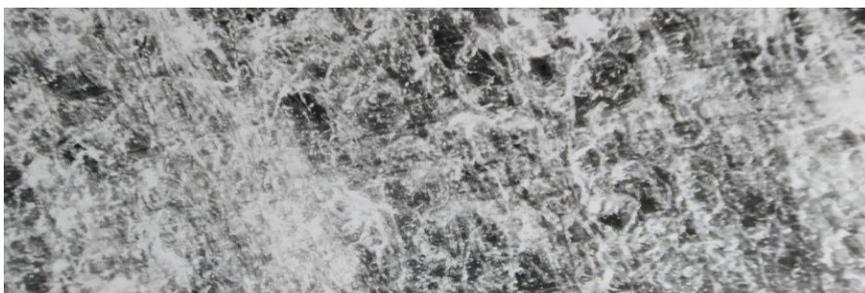


d)

h<sub>1</sub>- антифрикцион қатлам (a), h<sub>2</sub>- антифрикцион-ейилишбардошли қатлам(b), h<sub>3</sub>- адгезион-антикоррозион қатлам(c), h<sub>4</sub>-металл сирт(d).

6-расм. ГКП Кўпқатламли қопламаларнинг экспериментал намуналари микроскопик (\*300) сирт структуралари

а)- антифрикцион қатлам ( $h_1$ )



б) - антифрикцион-ейилишбардошли қатлам( $h_2$ )



с) - адгезион қатлам ( $h_3$ )



**7-расм. Полифункционал кўпқатламли қопламаларнинг триботехник синов ( $p \cdot v = 0,04$  МПа\*м\*с<sup>-1</sup>;) дан кейинги сирт структуралари (x300)**

Гетерокомполит полимер қопламанинг  $h_3$  қатлами адгезион мустаҳкамлиги нуқсонсиз бўлиб, қоплама кўчиши кузатилмади. Триботехник хоссалари (O`zDSt 2822-2014 бўйича)  $f_1/f_2$ ,  $I_1/I_2$  ва  $\delta_{01}/\delta_{02}$  нисбатлари мос равишда 1,35; 5,6 ва 0,36 ташкил этди. Олинган натижалар биз танлаган технологик жиҳозлар учун ўта муҳимлигини тасдиқлайди.

Зарур эксплуатацион хусусиятларни таъминловчи материал компонентлари тури ва микдорлари бўйича оптималлаштириш, математик режалаштириш асосида амалга оширилган ва қуйидаги регрессия тенгламалари олинган.

$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) l_k(x) = 210 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 212 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 195 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} = \quad (9)$$

$$= -38x^2 - 955x - 1743 = 0$$

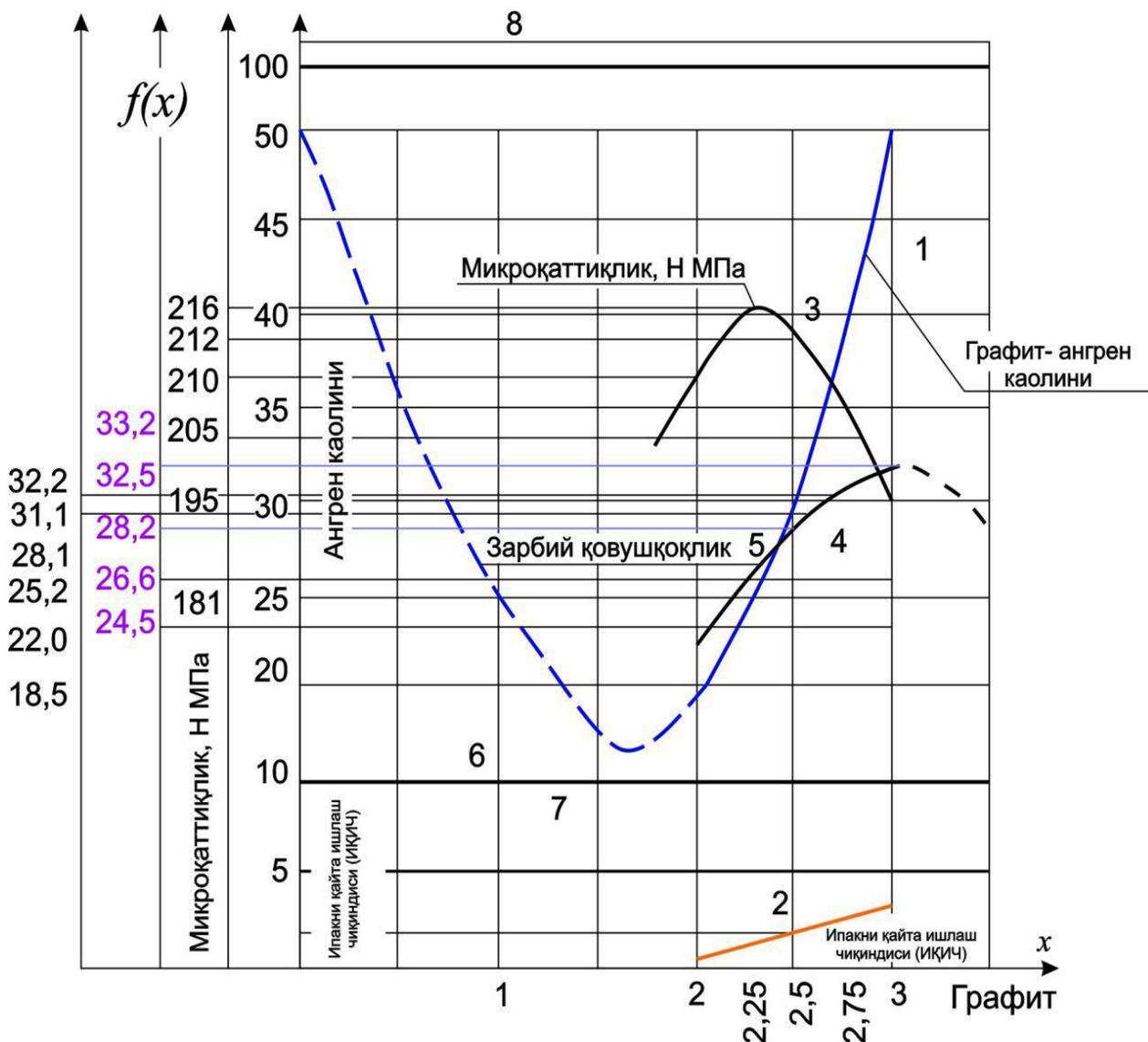
$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) l_k(x) = 32,5 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 28,2 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 25,1 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} = \quad (10)$$

$$= 2,4x^2 - 81x + 59,2 = 0$$

$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) l_k(x) = 32,5 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 28,2 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 25,1 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} =$$

$$= -4x^2 + 159x - 22,4 = 0 \quad (11)$$

Янги яратилган таркиблар ва уларнинг физик-маханик ва эксплуатацион хусусиятлари бўйича оптималлаштириш Лагранж интерполяция формуласини қўллаш билан (8-расм) амалга оширилди.



8-расм. ГКПМ асосий таркиблари ва массаларининг миқдорий графиги  
 1-Ангрен каолини; 2-ИҚИЧ; 3-Микроқаттиқлик (МПа); 4-Адгезион мустаҳкамлик (МПа); 5-Зарбий мустаҳкамлик; 6-ПЭПА; 7-ДБФ; 8-ЭД-20.

Маҳаллий ашё ва энергетик ресурслар асосида янги гетерокомполит полимер материалларни олиш ва пахта тозалаш машина деталлари ишчи сиртларида қўллаш технологик регламенти ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган технологик регламент асосида тадқиқот натижалари “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖ технологик жиҳозларида, хусусан пахта ҳаво транспортёрлари, винтли конвейерлар, шнекли тозалагич ва тақсимлагичларда 2017-2019

йиллар давомида комплекс синовдан ўтказилиб қўлланилди. Янги гетерокомпозит полимер материаллар қўлланилганда куйидаги самарадорлик кўрсаткичлари аниқланди:

жиҳознинг иш унумдорлиги 10-15% га ошди;

технологик жиҳозларнинг ишлаш муддати коррозия ва ейилишдан сақлаш эвазига 30-35% га узайди;

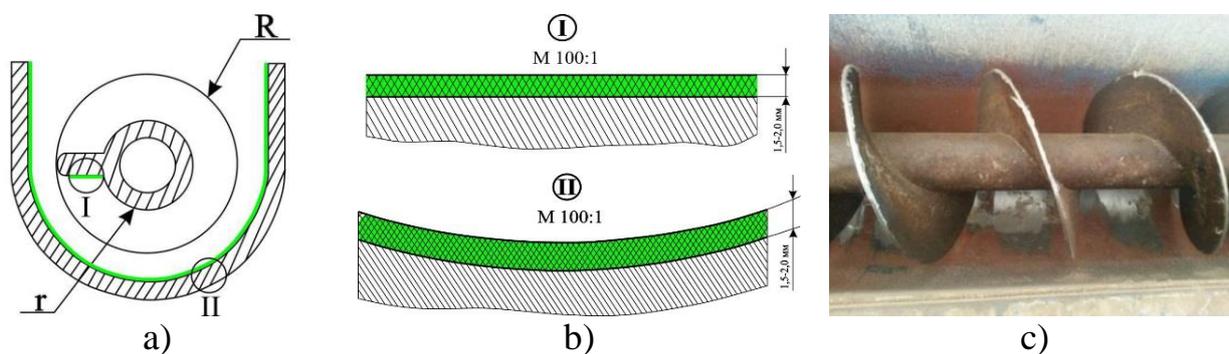
толанинг механик жароҳатланиши ўртача 0,45-0,90% га камайди;

чигитнинг эзилиши 6-10% га камайди;

ишлаб чиқариш технологик жараёнида шовқин сатҳи 2-3 марта ва ҳавонинг чангланиши 1,2-1,5 марта камайиши ҳисобига ҳаётий фаолияти хавфсизлиги ҳамда экологик муҳит яхшиланди.

Винтсимон транспортёр (шнек) қисмларини (9а ва 9б расмлар) профилактик қаров (таъмирлаш) оралиқ муддатида қопламларнинг йирик дарз кетиши ва кўчиб тушиши ҳолатлари кузатилмади.

Олинган натижаларнинг иқтисодий самарадорлиги (2017-2018 йиллар нархларида) технологик жиҳозлар иш муддати 32,5% га ошганлигидан 160 млн сўм реал ва толанинг механик жароҳатланиши ўртача 0,45-0,90% га камайишидан ва чигитнинг эзилиши 6-10% га камайишидан 857 млн. сўм кутилаётган иқтисодий самарадорликка эришилди (Тадқиқот натижалари “О‘ЗРАХТАСANOАТ” АЖ нинг 23.08.2019 йил №02-18/5021 сонли маълумотномаси билан тасдиқланган).



**9-расм. Винтли конвейр (таксимлагич) винти ва желоби сиртларида полифункционал қоплама ҳосил қилиш чизма схемаси (a,b) ва унинг фотосурати (c)**

## ХУЛОСА

“Модификацияланган полифункционал полимер композицион материалларнинг структурасини тадқиқ қилиш ҳамда таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш” мавзуидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация иши юзасидан ўтказилган тадқиқот натижалари куйидагилардан иборат:

1. Активацион-гелиотехнология усулида маҳаллий хомашё ва энергетик ресурслардан фойдаланган ҳолда пахтани дастлабки ишлов бериш технологик жиҳозларининг сиртларида кўпқатламли, полифункционал, юқори самарали модификацияланган ГКП қопламалар олишнинг оптимал

технологияси ишлаб чиқилди. Бу турли технологик машиналар ишчи сиртларининг эксплуатацион хоссаларини яхшилашга хизмат қилади.

2. Пахта билан ўзаро фрикцион таъсирлашувда унинг табиий толаси ва чигитининг механик жароҳатланишини минималлаштиришнинг критериал математик модели илк бор таклиф этилди. Ушбу модель эксперимент ўтказмасдан туриб пахта толаси ва чигитнинг хусусиятларини баҳолаш имконини беради.

3. Технологик жиҳоз ишчи сиртларида қўлланиладиган материал ва пахта толаси механик хусусиятлари, ҳақиқий тегишув юза миқдорини белгиловчи Юнг модули, сирт қаттиқлиги ҳамда пахта хомашёсининг таркибий (намлик, ифлосланганлик, чигит ва толанинг миқдорий улушлари) таснифларини ҳисобга олган ҳолда назарий жиҳатдан аввалдан белгиланган зарур хусусиятли материал танлаш дастурий ҳисоблаш методи (№06756 DGU) ишлаб чиқилди. Бу метод таркибларнинг миқдорий улушларини оптимал белгилашга хизмат қилади.

4. Маҳаллий саноатда ишлаб чиқариладиган каолин турларининг гетерокомпозит материалларнинг эксплуатацион хоссаларига таъсири бўйича олиб борилган тадқиқот натижасида хомашёлардан рационал фойдаланиш мезони ишлаб чиқилди. “Ангрен каолин” ОАЖ маҳсулотларини тўлдирувчи сифатида рационал фойдаланишни таъминлайдиган Ўзбекистон Республикаси патенти № IAP 20180203 учун талабнома берилди.

5. Тўлдирувчиларнинг миқдори, турининг гетерокомпозит полимер материалларининг хусусиятларига ва структураларига таъсирини аниқлаш мақсадида экспериментларни режалаштириш ва оптималлаштириш математик методи асосида олинган амалий натижалар бўйича чегаравий миқдорларини аниқ фойдаловчи регрессия тенгламалари ишлаб чиқилди. Бу эса олинган илмий ва амалий натижаларнинг ишончилигини таъминлашга хизмат қилади.

6. Тадқиқот натижалари “Андижон 1-сон пахта тозалаш” АЖ технологик жиҳозларида хусусан пахта ҳаво транспортёрлари, винтли конвейерлар, шнекли тозалагич ва тақсимлагичларда 2017-2019 йиллар давомида комплекс синовдан ўтказилиб қўлланилганда технологик жиҳозлар иш муддати 32,5% га ортишига эришилди. Республикамиздаги пахтага дастлабки ишлов бериш корхоналарининг биттасини йиллик умумий иқтисодий самарадорлиги 160 млн. сўм реал ва 857 млн. сўм кутилаётган иқтисодий самарадорликни ташкил этади.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 28.02.2018. Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И НАЦИОНАЛЬНОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**БАКИРОВ ЛУТФИЛЛО ЮЛДОШАЛИЕВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И  
РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая  
обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных, цветных и редких  
металлов (литейная производства, обработка металлов техническая направления)**

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

**Ташкент - 2019**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2017.3.PhD/Т457.**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Зиямухамедова Умида Алижановна</b> доктор технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Норхуджаев Файзулла Рамазанович</b> доктор технических наук, профессор <b>Закирова Дилфуза Назировна</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Андижанский машиностроительный институт</b>

Защита диссертации состоится «05» декабрь 2019 года в 16<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.28.02.2018.Т.03.04. при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №118). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «22» ноябрь 2019 года.  
(реестр протокола рассылки №118 от «22» ноябрь 2019 года).

**К.А.Каримов**

Председатель специализированного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Н.Д.Тураходжаев**

Ученый секретарь специализированного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н. профессор

**Р.М.Михридинов**

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире во всех сферах промышленности и особенно в машиностроении важным фактором является эксплуатационная надежность машин и механизмов, включая технологическое оборудование, используемое для хлопковой промышленности. Вот почему одной из самых важных научных и технических проблем, ожидающих решения считается усовершенствование оборудования производства, использование высокоэффективных композиционных полимерных материалов для обеспечения эксплуатационной надежности хлопкоперерабатывающих машин. В связи с этим в исследовательских центрах развитых странах, таких как США, Англия, Германия, Турция, Россия, Япония, Китай и в других странах, особое внимание уделяется ресурсосбережению при производстве полимерных композиционных материалов.

В центре научных интересов стоит активизация исследований в области материаловедения и новых материаловедческих технологий, которые являются одной из фундаментальных и практических основ развития современного машиностроения в мире. При анализе исследований ученых ведущих стран среди актуальных научных направлений материаловедения в машиностроении особое внимание уделяется развитию научных исследований по целевому использованию неметаллических материалов, в частности, полимерных материалов. Также одной из важных научно-практических проблем является обеспечение физической, механической и эксплуатационной надежности путем формирования оптимального состава терморезистивных полимеров и ожидающие решения применения в широких отраслях машиностроения.

В нашей стране широко используются заготовки изделий из полимерных композиционных материалов и принимаются меры по обеспечению сбережения ресурсов за счет использования отечественной продукции. Стратегия дальнейшего развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы включает в себя следующие задачи: «... укрепление макроэкономической стабильности и поддержание высоких темпов экономического роста, повышение конкурентоспособности национальной экономики ... сокращение потребления энергии и ресурсов в экономике, широкое внедрение энергосберегающих технологий»<sup>1</sup>. Для реализации этих задач одним из важных факторов является производство высококачественных полифункциональных гетерокомпозиционных полимерных материалов методом литья, обеспечивающих качество, дизайн и себестоимость продукции, адаптированной к мировым стандартам и разработкам ресурсосберегающих технологий при использовании отечественной продукции.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УР-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях № ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование было выполнено в соответствии с приоритетными направлениями II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение» в развитии технологии и науки республики.

#### **Степень изучения проблемы.**

Анализ теоретических и научно-практических исследований, ведущих ученых развитых стран по направлениям материаловедения показал, насколько велик интерес к развитию и использованию неметаллических материалов, в том числе полимерных, в частности к формированию состава термореактивных полимеров.

Проведено множество научных исследований по совершенствованию свойств композиционных полимерных материалов, структуры, содержания, физических, химических, механических, эксплуатационных и других свойств. Ведутся исследования по широкомасштабному применению полимерных материалов в машиностроение со стороны ведущих ученых мира, в том числе Германии и США учёными U.Bryggman, S.Hogmark, O.Vingsbo и др., которыми были проведены исследования по повышению эффективности триботехнических свойств и адгезионной прочности. В результате исследований были разработаны технологии получения материалов с улучшенными внутренними структурами полимера, структурной приспособляемостью, эксплуатационной надежностью. Со стороны ученых Японии, Китая и Турции Saito Karumi, Mori Eiji, Takagi Hisasshi, Kaneke Seiji, Th.Holken и др. разработаны методы управления структурой посредством оптимизации составов полимерных материалов. В исследованиях рассмотрены рабочие органы машин и механизмов и их эксплуатационные свойства.

Ученые из стран СНГ, в том числе России и Белорусии Ениконов Н.С., Бартенев Г.Н., Берлин А.А., Белый В.А., Свиридюнок А.И., Струк В.А., Ляпо В.А и др. провели исследования о влиянии механических свойств и надмолекулярных структур металло-полимерных систем и их антифрикционно-износостойких свойств.

Научных успехов в этой области добились учёные Узбекистана, такие как Негматов С.С., Аскарлов М.А., Рашидова С.Ш., Ибодуллаев А., Таджиходжаев З.А., Умаров А.В., Рискулов А.А., изучившие развитие полимерного композиционного материаловедения и оптимизацию структуры поверхности. Научных успехов также добились академик Махкамов Р.: «управление технологическими параметрами»; профессор Зиямухамедова У.А.: «особенности структурной совместимости композиционных полимерных покрытий в хлопке», профессор Абед Н.С.: изучение «применения композиционных материалов и их физической модификации», профессор Джураев А.: изучение «оптимизации конструкций рабочих структур технологического оборудования»; профессор Джумабаев А.Б.: «повышение абразивной износостойкости композиционных полимерных материалов и покрытий»; профессор Ахмедходжаев Х.Т.: изучение оценки эффективности хлопкового пневмотранспорта из композиционных полимерных материалов. Результатами исследований достигнуто сохранение природного свойства хлопка на определенном уровне за счет сохранения его от механических повреждений.

Однако есть научно-практические аспекты, которым не уделяется достаточного внимания при рациональном использовании местных материалов и раскрытию их новых свойств; речь идет о количественном влиянии структуры и свойств материала на механическую повреждаемость хлопка, особенно хлопкового волокна, а также о структурной приспособляемости хлопка и гетерокомпозиционных полимерных материалов при фрикционном взаимодействии и рациональном использовании местных материалов и энергетических ресурсов при разработке новых материалов и технологий в этой области. Решению всех перечисленных проблем в определенной степени посвящено данное диссертационное исследование. Актуальной проблемой также остается создание эффективных форм получения покрытий на основе гетерокомпозиционных полимерных материалов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения.** Диссертационное исследование проводилось в рамках фундаментального проекта Государственных научно-технических программ №ОТ-Ф-2-41 на тему «Исследования функциональных свойств и структурные процессы формирования гетерокомпозиционных полимерных материалов на основе местных энергетических ресурсов и сырья для машиностроения» в Ташкентском государственном техническом университете, с участием ООО «Региональный филиал хлопковой промышленности Андижана», с ООО «Самарканд пахтамаш», ООО «Каттакуртан пахтамаш», СП «Uz-Dong JU REINT CO» и АО «Корасув пахта тозалаш» на основе договоров о сотрудничестве.

**Целью исследования** является разработка технологии оптимального структурообразования полифункциональных многослойных гетерокомпозиционных полимерных материалов на основе модификации в целях эффективного повышения их физико-механических и эксплуатационных свойств.

### **Задачи исследования:**

исследовать возможности создания новых гетерокомполитных полимерных материалов с использованием местных сырьевых (Ангренский каолин, отходы шёлкового волокна, хлорированный полиэтилен) и альтернативных источников энергии;

разработать современные методы и средства экспериментального исследования машиностроительных конструкционных материалов, работающих при фрикционном взаимодействии с хлопком;

выявить влияние количества и природы наполнителя на деформационные свойства и структурообразование гетерокомполитных полимерных материалов;

определить методы управления структурно-технологическими факторами при получении новых гетерокомполитных полимерных материалов с заданными свойствами при фрикционном взаимодействии с хлопком;

разработать оптимальный гранулометрический состав и дать оценку технико-экономической эффективности от применения местных минеральных наполнителей, производство которых налажено на промышленном уровне, в частности, в продукции ОАО “Ангрен каолин”;

обеспечить достоверность результатов исследования математическим моделированием и статистической обработкой данных.

**Объектом исследования** послужили рабочие поверхности крупногабаритного технологического оборудования хлопкоперерабатывающих предприятий, наполнители на основе местных минералов и методов гелиотехнологии.

**Предметом исследования** является технология получения многослойных покрытий на основе полифункциональных гетерокомполитных полимерных материалов оптимального состава с применением местного сырья (каолин, отходы переработки шёлка и химические модификаты) и альтернативных энергетических ресурсов для термической обработки под воздействием естественного солнечного излучения.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались стандартные методы исследования и приборы, такие как ИК-спектроскопия, анализ -ДТА, анализ-ТСТ, атомно-силовая микроскопия (АСМ), методы исследования деформации, прочности, твердости, адгезии, триботехнических, антикоррозийных свойств полимерных материалов.

### **Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработана математическая модель оценки фактической площади контакта с учетом структуры и свойства поверхности при фрикционном взаимодействии с хлопком, с наименьшим механическим повреждением хлопкового волокна;

оптимизированы состав, свойства и технология формирования многослойных покрытий на основе полифункциональных гетерокомполитных полимерных материалов;

при создании оптимальных объёмной и поверхностной структур определены геометрические размеры многослойных полифункциональных покрытий, содержание и гранулометрический состав местных минеральных наполнителей;

разработана технология модификации и термической обработки гетерокомполитных полимерных материалов с оптимальным использованием местных сырьевых и энергетических ресурсов.

#### **Практические результаты исследования следующие:**

Предложен новый метод активационной гелиотехнологии, обеспечивающий рациональное использование энергетических ресурсов вместо термообработки при получении гетерокомполитных полимерных покрытий, обладающих высокой адгезионной прочностью к подложке и высокими поверхностными триботехническими свойствами для крупногабаритных технологических машин первичной переработки хлопчатника.

Предложена технология получения и целевого применения составов полифункциональных антифрикционных, антифрикционно-износостойких, адгезионных гетерокомполитных полимерных покрытий для крупногабаритного технологического оборудования с относительно меньшими значениями механической повреждаемости хлопка.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обеспечивается стандартными приборами и методами исследования, в том числе методом математического моделирования и обработки результатов исследования с применением новых программных продуктов ЭВМ для количественного состава антифрикционных, антифрикционно-износостойких, адгезионных гетерокомполитных материалов.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обоснована повышением эффективности технологического оборудования путем обеспечения необходимых антифрикционных, антифрикционно-износостойких, адгезионных свойств по технологическим параметрам, видам компонентов и их составам для многослойных гетерокомпозиционных покрытий рабочих поверхностей крупногабаритного технологического оборудования.

Практическая значимость результатов исследования заключается в повышении эффективности технологического оборудования с применением многофункциональных гетерокомполитных полимерных покрытий по толщине покрытия, физико-механическим и эксплуатационным свойствам, количественного и гранулометрического состава компонентов с использованием местного сырья и энергетических ресурсов, уменьшением механического повреждения хлопкового волокна и семян хлопчатника в течение срока службы технологического оборудования.

#### **Внедрение результатов исследований.**

На основании полученных результатов исследования структуры, разработки состава и технологии получения модифицированных полифункциональных полимерных композиционных материалов:

предложенные новые составы гетерокомполитных полимерных покрытий внедрены на АО «Андижон 1-сон пахта тозалаш» (справка АО «Узпахтасаноат» № 02-18/5021 от 23 августа 2019 года). В результате увеличилась производительность труда технологического оборудования предприятия на 10-15%;

полученные полифункциональные многослойные покрытия внедрены на АО «Андижан пахта тозалаш №1» (справка АО «Узпахтасаноат» № 02-18/5021 от 23 августа 2019 года). Это позволило повысить срок службы технологического оборудования предприятия на 30-35% за счет сохранения от износа;

разработанные оптимальные составы покрытий с антифрикционным слоем внедрены на АО «Андижан пахта тозалаш №1» (справка АО «Узпахтасаноат» № 02-18/5021 от 23 августа 2019 года). В результате снизилось механическое повреждение волокна в среднем на 0,45-0,90%;

разработанные оптимальные составы антифрикционно-износостойкого слоя покрытий внедрены на АО «Андижан пахта тозалаш №1» (справка АО «Узпахтасаноат» № 02-18/5021 от 23 августа 2019 года). В результате снизилась дробленность семян хлопка на 6-10%;

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований диссертации были доложены в материалах 12 конференций, из них 9 в международных и 3 в республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 33 научные работы. Из них 8 статей в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикаций основных результатов диссертационных работ для соискания учёной степени доктора философии (PhD), из них 6 в Республиканских и 2 в зарубежных изданиях, 1 статья в журнале на базе Scopus; получено 4 свидетельства на программный продукт и одна монография в соавторстве.

**Структура и объем диссертации:** Структура диссертации состоит из четырех глав, вывода, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введение** обоснована актуальность и востребованность проведенного исследования по теме диссертации, указано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, сформулированы цели и задачи исследования, описаны объекты и предметы, изложены научная новизна и основные результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты научная и практическая значимость, приведены данные по внедрению результатов исследования в практику, представлены данные по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации «**Современное состояние проблем создания и модификации**» посвящена современному состоянию производства

антифрикционных, антифрикционно-износостойких и износостойких гетерокомпозитных полимерных материалов для рабочих органов хлопкоперерабатывающего технологического оборудования; рассмотрена специфика фрикционного взаимодействия гетерокомпозитных полимерных материалов с хлопком-сырцом. Отмечалось, что сохранение природных свойств хлопка можно достичь не только за счет оптимизации поверхностных свойств материалов, из которых изготавливаются детали рабочих органов машин, но и за счет разработки технологии получения гетерокомпозитных полимерных покрытий, непосредственно участвующих во фрикционном контакте. Известно, что физико-механические и эксплуатационные свойства материалов могут быть улучшены методами физико-химической модификации, но эти методы не могут быть применены для модификации композитных полимерных покрытий на поверхностях крупногабаритного технологического оборудования.

В главе произведен анализ научно-исследовательских работ профессора А.А. Рыскулова по получению и целевому применению деталей машин на основе местного сырья, созданию нового композита на основе термопластичных полимеров, в частности фтористых соединений и их эффективного использования. Также была рассмотрена комплексная научно-исследовательская работа профессора У.А.Зиямухамедовой по получению многофункциональных покрытий на рабочих поверхностях хлопкоперерабатывающего технологического оборудования и их структурной приспособляемости, в частности, по созданию новых антифрикционных, антифрикционно-износостойких, износостойких структур гетерокомпозитных полимерных материалов.

По проведенному анализу работ ученых Узбекистана обоснована целесообразность диссертационной работы, основанная на рациональном использовании местного сырья и энергоресурсов для модификации антифрикционных, антифрикционно-износостойких, износостойких полимерных покрытий для деталей крупногабаритных машин по переработке хлопка.

На основании вышеизложенного были определены цели и задачи исследования.

Вторая глава **«Выбор объектов, методов и средств исследования свойств гетерокомпозитных полимерных материалов»** посвящена выбору и характеристикам объекта, средствам исследования и применяемым методам.

Обоснована целесообразность методов структурообразования в качестве эффективного способа модификации гетерокомпозитных полимерных материалов, дающего возможность рационального использования местных сырьевых и энергетических ресурсов. В качестве объектов исследования для покрытий в качестве связующего использована – эпоксидная смола ЭД-20 и местные наполнители: каолин, графит, хлорированный полиэтилен и отход шёлкового волокна (ОШВ) (табл. 1).

В качестве модельного образца материала конструкций для исследований была использована сталь (Ст3), широко используемая на рабочих органах крупногабаритных технологических машин по переработке хлопка.

Исследования по работе над диссертацией проводились в соответствии с пунктами 1.4, 2.2, 3.2 Договора о сотрудничестве № 145 от 05.01.2018, составленным на 5 лет между Ташкентским государственным техническим университетом имени Ислама Каримова и СП «Уз Донг Джу Паейт Ко» и утверждённым ректором профессором С.М.Турабджановым и директором У.И.Азимовым, и в рамках фундаментального проекта ОТ-Ф 2-41. Механические характеристики образцов были определены в действующей аккредитованной испытательной лаборатории предприятия в соответствии с международным ISO / IEC 17025: 2005 и республиканским UzDST ISO / IEC 17025: 2007 стандартами на приборы и установки:

НВ-микротвёрдость (твёрдомер №3635 сер. №3389/06 01.05.2019-01.05.2020) на оборудовании ПМТ-3 ТошГТУ;

$\sigma_{уд}$  – ударная прочность IMPACT TESTER J-020 №5512 сер. №10-951 28.11.2018-28.11.2019;

$\sigma_{эг}$  - сопротивление на изгиб Bending Tester №5750 сер. №10-954 28.11.2018-28.11.2019;

адгезионная прочность №315 сер 2236 28.03.2019-28.03.2020 адгезиомер;

толщина №434817 сер. 3374 01.05.2019-01.05.2020 толщиномер.

Погрешность испытаний гарантированно составляла менее 3% (ссылка от 6 февраля 2019 г.). Схемы измерения и оборудование приведены на рис. 1

Таблица 1

### Материалы, выбранные для покрытия

Наименование материалов	ГОСТ или ТШ	Примечание
Эпоксидная смола (ЭД-20)	ГОСТ 10587-72	Термоактивное соединение <sup>1</sup>
Дибутилфталат (ДБФ)	ГОСТ 8728-76	Пластификатор
Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	ТУ 6-02-594-70	Закрепитель
Графит (чешуйчатый)	ГОСТ 44404-88	Наполнитель (d≤20 км)
Ангрен-Каолин	ГОСТ 6138-61	Наполнитель (d≤20мкм)
Переработка отходов волокна (ПОВ)	O'zDSt 993-2011	Наполнитель (d≤ 2 мм)
Модификатор хлорированный полиэтилен (ХПЭ)	O'zDSt	Структурировщик

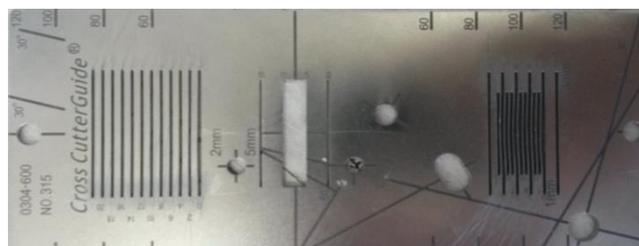
1.Связующий эпоксидный компаунд-ЭД<sub>к</sub>=ЭД-20(100 мас.ч)+ДБФ(18 мас.ч)+ПЭПА(12 мас.ч)

В экспериментах использовались семена хлопка Андижан-36 и С-65-24 при кондиционной влажности 8-12% и загрязнённости 3-12%.

Параметры контроля включают высоту установленной шероховатости поверхности покрытия ( $R_z$ ), температуру трения поверхности ( $T_{тр}$ ), коэффициент трения в качестве основных трибопараметров ( $f$ ), механическое повреждение хлопка-сырца по отношению к металлической поверхности ( $\delta_0$ ) и степень интенсивности линейного изнашивания покрытия ( $I_1$ ).



a)



b)



c)

**а-образование искусственных клеток в покрытии для оценки адгезионной прочности, б-эталонная измерительная линейка, с-определение адгезионной прочности покрытия**

**Рис. 1. Средства и метод измерения адгезионной прочности ГКПП**

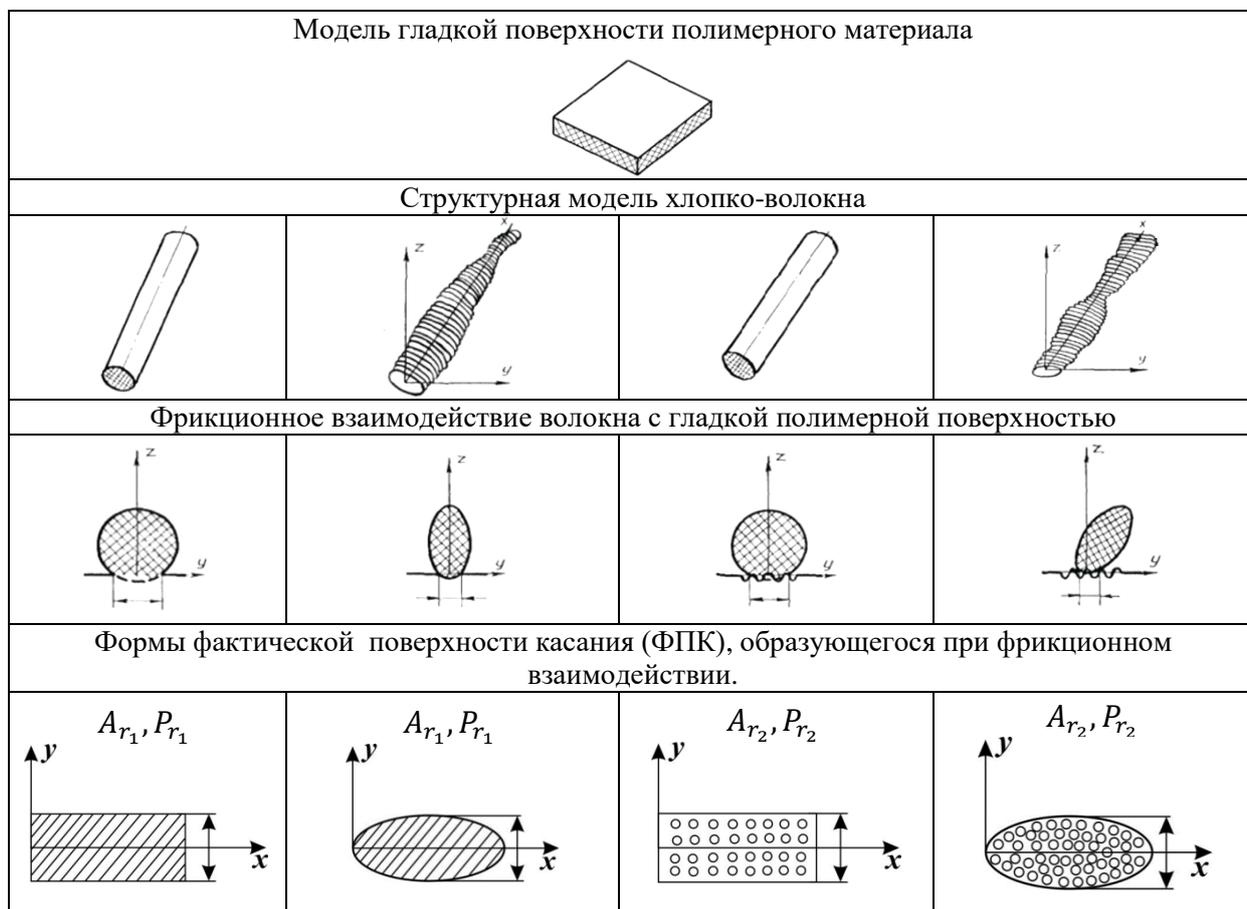
Для оптимизации состава и эксплуатационных свойств гетерокомпазитных полимерных материалов и при обработке результатов исследований была использована интерполяционная формула Лагранжа и специально разработанные программы DGU 06066 и DGU 06067.

При исследовании эксплуатационных, то есть триботехнических свойств гетерокомпазитных полимерных покрытий (ГКПП), и относительного механического повреждения хлопка, был использован государственный стандарт (UzDST 2822-2014), разработанный под руководством профессора У.А.Зиямухамедовой на приборе трибометр, созданным под руководством профессора А.Б.Джумабаева, который не имеет аналогов в мире.

В третьей главе диссертации **«Теоретические и технологические основы создания многофункциональных композиционных полимерных материалов»** утверждается, что хлопковое сырье представляет собой высоко деформируемый объект, который может быть принят за абсолютную плоскую поверхность без учета ее фактической неровности. Фактическая площадь контакта (ФПК) поверхности волокна с ГКПП, деформация поверхности хлопкового волокна также зависит от его зрелости. Если

принять, что радиус ( $r$ ) вершины неровности (шероховатости) полимерного материала больше, чем его высота ( $h$ )  $r \gg h$ , то можно представить, что относительная ФПК для модели (рис. 2) является подходящей и что будет сформировано как минимум четыре относительных ФПК. Это может быть плоский прямоугольник, с ромбовидной изогнутой линией и пробелами, прямой прямоугольник, с точно такой же ромбовидной изогнутой линией.

В соответствии со схемой можно отметить, что фактическая величина давления ( $P_{r2}$ ) представляет собой номинальное поверхностное давление ( $P_a$ ), а полимерный материал со зрелым цилиндрическим волокном, благодаря появлению более тонкой поверхности микрочастиц, вместо цилиндрической формы ( $P_{r1}$ ), которая образуется в результате столкновения и разрушения волокон, имея несколько больше значения по сравнению с  $P_{r1}$ . В результате, когда внутренние и внешние факторы, являющиеся одинаковыми, которые влияют на повреждение волокон, варьируются в зависимости от фактического давления, в частности  $P_{r2}$ . То есть неровности поверхности приводят к механическому повреждению хлопкового волокна.



1- прямоугольник; 2-ромбовидная изогнутая линия; 3-х пустотный прямоугольник;  
 4 – пространство, граничащее с ромбовидной изогнутой линией.

Рис. 2. Схемы формирования ФПК ГКПП при фрикционном взаимодействии с хлопком в зависимости от зрелости хлопкового волокна.

Эти результаты исследования свидетельствуют, что теоретический подход, который утверждал в течение многих лет о том, что прочное волокно

в процессе трения, менее повреждается, является полностью неверным. Низкосортная негладкая поверхность относительно низкой прочности растяжки волокон основана на высоком уровне реального давления  $P_{r2}$ . Это говорит о том, что в выдвигаемой ранее теории о формировании ФПК есть недостатки, что подразумевает необходимость улучшенной математической модели для относительной касательной поверхности  $\eta_r$ .

Известно, что в механическое повреждение волокна, возникающее при трении заготовки с рабочей поверхностью, зависит от фактического давления на поверхностное и относительного размера контактной поверхности  $\eta_r$ , предложенных профессором Джумабаевым А.Б., и выражается формулой:

$$\eta_r = \frac{Pa}{\pi} \sqrt{\frac{8\pi d}{E'}} \left[ \frac{1}{\sqrt{q_1}} + mA_{a_1}^c \left( \frac{1}{\sqrt{q_2}} - \frac{1}{\sqrt{q_1}} \right) \right]; \quad (1)$$

где  $\eta_r$  - относительная доля поверхности трения хлопка (неограниченное число), номинальное давление (МПа), создаваемое на трении поверхности с хлопковым волокном –  $Pa$ ,  $E'$  – модуль Юнга – материал поверхности трения с хлопковым волокном (МПа),  $d$  - диаметр хлопкового волокна, фрикционная поверхность трения,  $мкм$ ,  $m$  - фрикционные семена хлопка (количество шт.),  $q_1$  и  $q_2$  - диффузионные силы ( $H/м$ ), соответственно, деформирующие волокна с семенами и без семян, создаваемые при трении с поверхностью,  $A_{a_1}^c$  - шов вдоль поверхности контура, который соответствует поверхности поперечного сечения ( $м^2$ ).

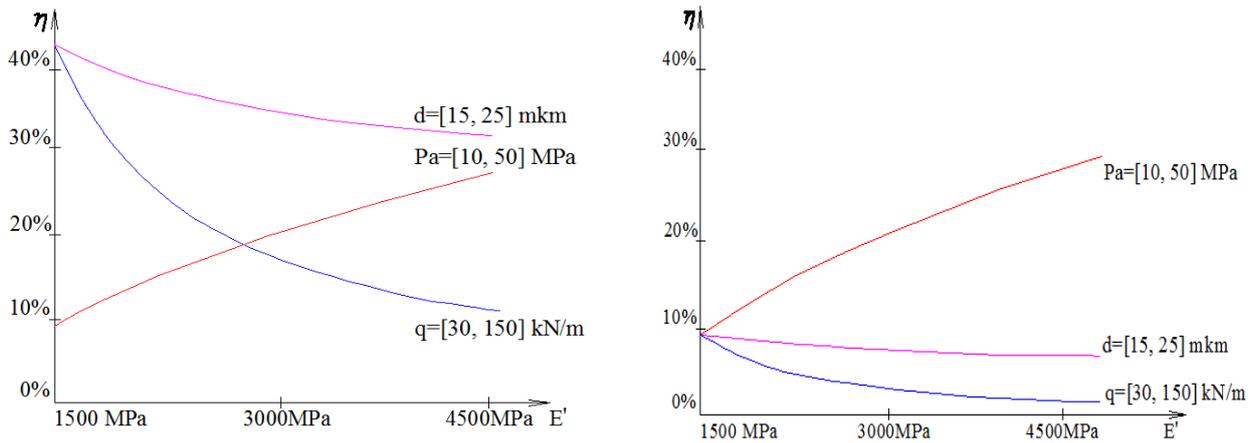
Выражение (1) получено из анализа статического состояния. На практике при столкновении хлопкового волокна с технологическим оборудованием внутри семян и в зоне без семян четко выражено не два разных давления, а среднее. В этом случае, если мы возьмем условно принятую формулу  $q_1 = q_2$ , то выполним необходимые математические изменения в таком виде:

$$\eta_r = \frac{2Pa}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi d}{E'q_1}}; \quad (2)$$

На основании этого теоретического анализа любые предельные значения  $q$  могут быть предсказаны без эксперимента путем оценки реальной стоимости повреждения.

Чтобы доказать эту научную идею, были созданы методы и применены средства определения фактической поверхности материала во взаимодействии с различными сортами хлопко-волокна с учетом оптимальных свойств материала ГКП путем изменения механических свойств гетерокомполитных полимерных материалов.

Можно определить предельное значение фактической площади поверхности для конкретного сорта хлопка, используя указанные в выражениях 2-3 суммы  $\eta_r$ - (фактическая поверхность касания), в специально разработанном компьютерном программном обеспечении (DGU №06756). Результаты исследования показаны на рис. 3.

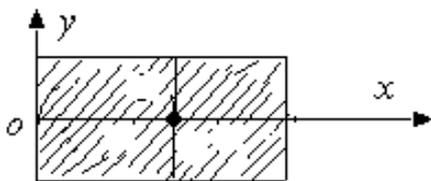


**Рис. 3. График относительного изменения фактической площади поверхности контакта механических свойств материала модуля Юнга.**

Можно проанализировать скорость изменения относительно свойств материала по параметрам графиков  $q$ ,  $P_a$  и  $d$  относительно изменения фактической поверхности контакта, с механическими свойствами фрикционных материалов модуля Юнга  $\eta_r$  и  $E'$ , приведенных на рис. 3.

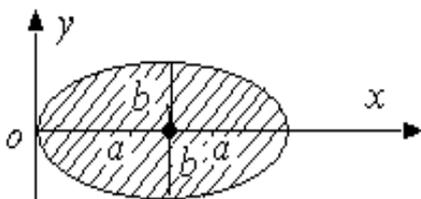
В качестве оптимального состояния естественно выбрать точку пересечения, где пересекаются изогнутые линии. Следует однако отметить что предельная величина распределенной нагрузки  $q$  может быть обоснована значениями  $P_a$ .

Интегральные уравнения суммы фактических контактов поверхностей, зависящих от созревания хлопкового волокна, выражаются следующим образом:



поверхность прямоугольной ФПК (а)

$$S = h \int_{x_0}^{x_1} dx = h(x_1 - x_0) \quad (3)$$



эллипсоидная ФПК (b)

$$\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

здесь

$$\frac{y^2}{b^2} = 1 - \frac{(x-a)^2}{a^2} \quad (5)$$

**Рис. 4. Прямоугольная (а) и эллипсоидная (b) ФПК**

Решение уравнения эллипса (5), получим:

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x(2a-x)} \quad (6)$$

Часть поверхности верхней полуплоскости ромбовидной или эллиптической кривой:

$$S = \frac{2b}{a} \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{x(2a-x)} dx = \frac{b}{a} (x-a) \sqrt{x(2a-x)} \Big|_{x_0}^{x_1} + ab \arcsin \frac{x-a}{a} \Big|_{x_0}^{x_1} \quad (7)$$

Кривая эллипса является частью нижней полуплоскости:

$$S = -\frac{2b}{a} \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{x(2a-x)} dx = -\frac{b}{a} (x-a) \sqrt{x(2a-x)} \Big|_{x_0}^{x_1} - ab \arcsin \frac{x-a}{a} \Big|_{x_0}^{x_1} \quad (8)$$

Расчетные результаты показали, что технический тип (сорт) для средне волокнистого хлопка Андижан-36 и С-2465 считается одинаковым,  $k_1 \leq 1$  составляет 0,85-0,95 и может быть округлен до 1.

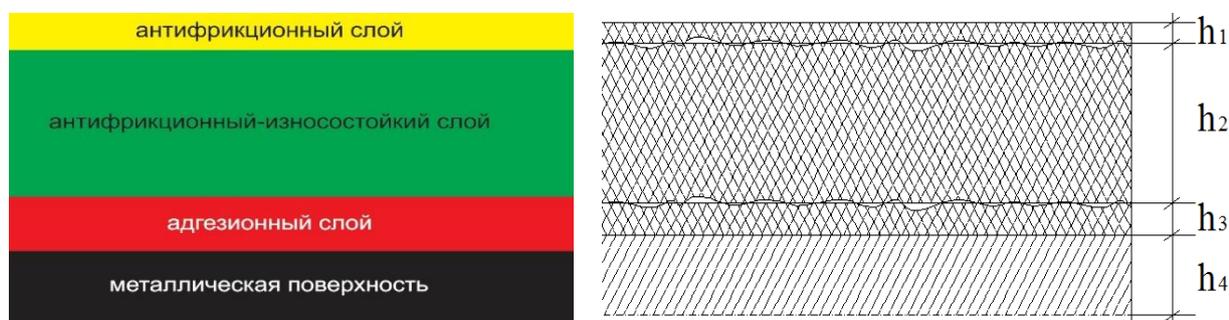
Расчетное значение  $k$  значительного уровня  $k_2 < 1$  образует 0,72-0,83 для ФПК низкосортного, не дозревшего ромбовидного волокна. Другими словами, увеличение пористости при ФПК было научно обоснованным с увеличением количества и последствий повреждения хлопкового волокна.

Таким образом, следует отметить, что численными экспериментами и усовершенствованием математической модели процесса установлено, что на процесс трения волокна влияет не только шероховатость поверхности, но и неровности самого волокна.

Четвертая глава диссертации «**Результаты экспериментальных исследований и оценка технико-экономической эффективности при целевом использовании**» посвящена результатам исследования и его анализу, апробации, внедрению и оценке экономической эффективности.

Исходя из цели и задачи исследования, была предложена технология получения многослойных эффективных полифункциональных покрытий на рабочих поверхностях технологических оборудований по переработке хлопка.

В процессе отверждения многослойного полифункционального ГКПП находятся в реологическом состоянии с сильной взаимосвязью: 100-150 мкм (1-й слой); 1400-1700 мкм (2-й слой); (3-й слой) был сформирован при толщине 100-150 мкм. На основе анализа теоретических исследований (рис.5), были получены образцы многослойных покрытий и проведены триботехнические испытания (рис.6). На рис. 7. приведены структуры поверхности после испытаний.



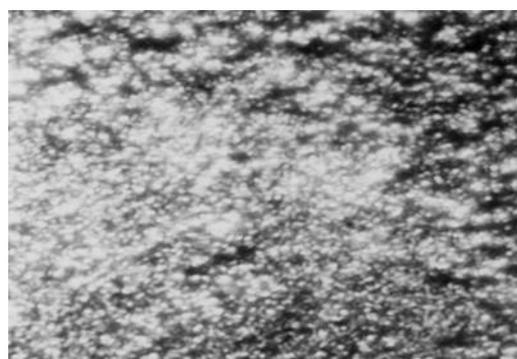
**$h_1$ -антифрикционный слой,  $h_2$ -антифрикционно-износостойкий слой,  $h_3$ -адгезионный слой,  $h_4$ -покрываемая металлическая поверхность.**

**Рис. 5. Схематическое изображение структуры поверхности образцов многослойных покрытий.**

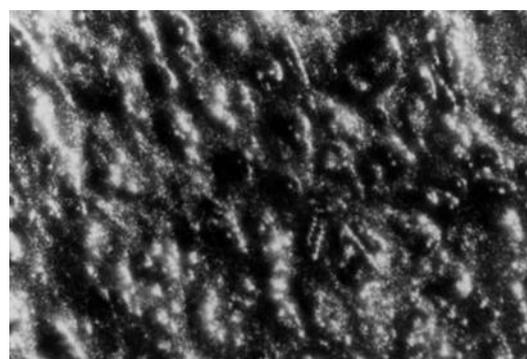
**Геометрические, количественные и эксплуатационные характеристики ГКПП**

Геометрические размеры* содержания и количество компонентов ГКПП				Эксплуатационные характеристики
Толщины- <i>h</i> , (мкм)		Содержание	Количество, (мас.ч)	
<i>h</i> <sub>1</sub>	100	ЭД-20	100	антифрикционный слой
	125	АКФ-78	3	
	150	АКС-30 Графит	10 2	
<i>h</i> <sub>2</sub>	1400	ЭД-20	100	антифрикцион-износостойкий слой
	1550	АКТ-10	20	
		АКС-30	10	
		Графит	2	
1700	ИКИЧ	2		
<i>h</i> <sub>3</sub>	100	ХПЭ	2	адгезионный Слой
	125	ЭД-20	100	
	150	АКТ-10 АКС-30	10 5	

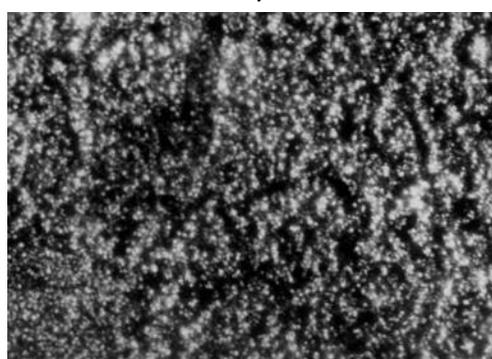
\*Суммарная толщина покрытия:  $h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3 = 2000 \pm 50$  мкм



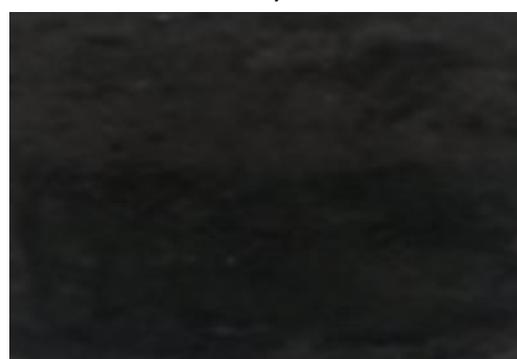
a)



b)



c)



d)

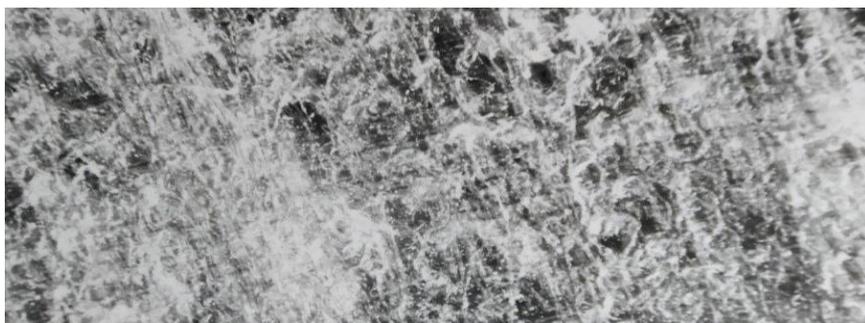
***h*<sub>1</sub>- антифрикционный слой (а), *h*<sub>2</sub>- антифрикционный-износостойкий слой(б), *h*<sub>3</sub>- адгезионный слой (в), *h*<sub>4</sub>-металлическая поверхность(г).**

**Рис. 6. Экспериментальные образцы микроскопической структуры многослойных покрытий МСП (\*300) поверхностной конструкции.**

Из анализа следов истирания (рис. 7) можно отметить, что на антифрикционных (прирабочных)  $h_1$  и на антифрикционно – износостойких  $h_2$  слоях отрицательное воздействие на хлопок более сильное проявляется у  $h_1$  по сравнению с  $h_2$ .

Термореактивные покрытия на основе полимеров ЭД-20 смешивали с пластификатором-дибутилфталатом (ДБФ); в качестве реагента используются отходы шёлкового волокна, а закрепитель – с добавкой полиэтиленполиамина (ПЭПА) (рис. 6).

а) антифрикционный  
слой ( $h_1$ )



б) антифрикционно-  
износостойкий слой  
( $h_2$ )



с) адгезионный  
слой ( $h_3$ )



**Рис. 7. Структура поверхности (x300) после триботехнического испытания полифункционального многослойного покрытия ( $p \cdot v = 0,04$  МПа\*м\*с-1;)**

Слой  $h_3$  ГКПП, не имея дефектов, обеспечивал хорошую адгезионную прочность. Сравнительная оценка величин основных триботехнических характеристик ( $f$  и  $I$ ) и относительной механической повреждаемости ( $\delta_0$ ) по О`zDSt 2822-2014 для  $f_{h1}/f_{h2}$ ,  $I_{h1}/I_{h2}$  и  $\delta_{0h1}/\delta_{0h2}$  составила 1.35, 5.6 и 0.36, соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о чрезвычайной важности многослойного полифункционального покрытия для применения выбранного нами технического оборудования.

На основе оптимизации видов и количества компонентов материала, обеспечивающего необходимые эксплуатационные свойства математическим планированием, получены следующие регрессионные уравнения:

$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) y_k(x) = 210 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 212 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 195 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} = \quad (9)$$

$$= -38x^2 - 955x - 1743 = 0$$

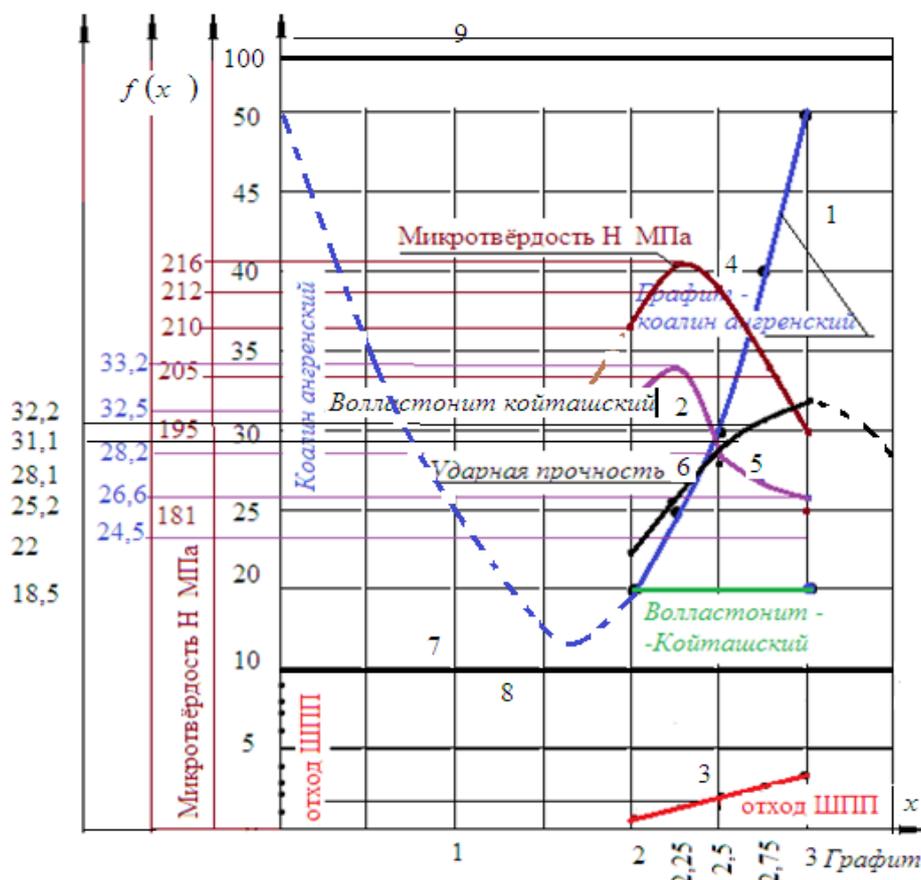
$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) y_k(x) = 32,5 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 28,2 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 25,1 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} = \quad (10)$$

$$= 2,4x^2 - 81x + 59,2 = 0$$

$$L(x) = \sum_{k=0}^m f(x_k) y_k(x) = 32,5 \frac{(x-2,5)(x-3)}{(2-2,5)(2-3)} + 28,2 \frac{(x-2)(x-3)}{(2,5-2)(2,5-3)} + 25,1 \frac{(x-2)(x-2,5)}{(3-2)(3-2,5)} = \quad (11)$$

$$= -4x^2 + 159x - 22,4 = 0$$

Оптимизация вновь созданных композиций и их физико-механических и эксплуатационных свойств выполнена с использованием математического метода интерполяционного анализа Лагранжа (рис. 8).



1. Ангрэн-каолин; 2. Переработка отходов волокна (ПОВ); 3. Микротвердость МПа; 4. Адгезионная стабильность; 5. Ударная прочность. 6. ПЭПА; 7. ДБФ; 8. ЭД-20;  
Рис. 8. Количественный график основного состава и массы ГКПМ.

Разработан технологический регламент производства новых гетерокомпозитных полимерных материалов на основе местных и энергетических ресурсов и применения на рабочей поверхности деталей хлопкоперерабатывающих машин.

На основе разработанного технологического регламента результаты исследования прошли комплексное внедрение в период 2017-2019гг в ОАО «Андижан 1-пахта тозалаш», в частности, в пневмотранспортёрах, винтовых конвейерах, шнековых очистителях и распределителях (рис. 9). С применением новых гетерокомпозитных полимерных материалов были выявлены следующие показатели эффективности:

увеличилась производительность оборудования на 10-15%;

увеличился срок службы технологического оборудования за счет защиты от коррозии и износа на 30-35% ;

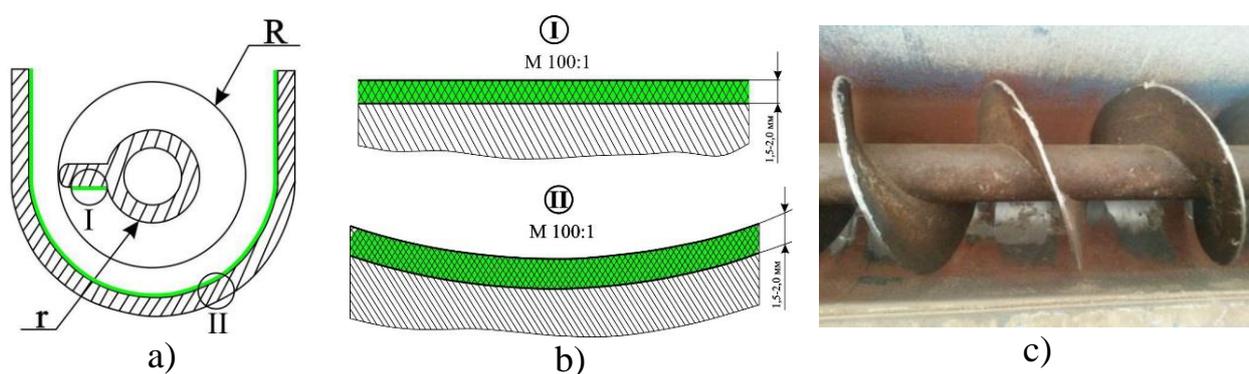
механические повреждения волокна уменьшились в среднем на 0,45-0,90%;

снижение повреждения семян - на 6-10%;

благодаря снижению уровня шума в 2-3 раза и уменьшения загрязнения воздуха в 1,2-1,5 раза были улучшены безопасность жизнедеятельности и экология среды.

При профилактических ремонтных работах не наблюдались крупные поломки и смещения покрытий деталей винтовых транспортёров (шнек).

Экономическая эффективность (по ценам 2017-2018 гг.) достигнута за счёт увеличения срока службы технологического оборудования (на 32,5%) в количестве 160 млн.сум, уменьшения механического повреждения хлопкового волокна (в среднем на 0,45-0,90%), уменьшения повреждения дроблённости семян (на 6-10%). Достигнута ожидаемая экономическая эффективность – 857 млн. сум (результаты исследований подтверждены справкой Узпахтасаноат №02-18/5021 23.08.2019г.).



**Рис. 9. Чертежная схема образования полифункциональных покрытий на рабочих поверхностях винта и желоба (а, б) винтового конвейера-распределителя и его фотоснимка (с).**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований по диссертации на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Исследование структурообразования модифицированных полифункциональных полимерных композиционных материалов и разработка состава и технологии их получения»:

1. Разработана оптимальная технология получения многослойных, полифункциональных, высокоэффективных покрытий ГКП на поверхности технологического оборудования по первичной переработке хлопка с использованием местного сырья и энергетических ресурсов, позволяющая улучшить эксплуатационные свойства различного технологического оборудования.

2. Впервые была предложена критериальная математическая модель минимизации механического повреждения хлопкового волокна и семян при фрикционном взаимодействии, позволяющая оценить свойства волокна и семян без предварительных экспериментов.

3. Разработан программный продукт (DGU №06756), позволяющий выбор материала с заранее запланированными свойствами для рабочих поверхностей технологических оборудования, с учётом свойств волокна и модуля Юнга, определяющих фактическую площадь, твёрдость поверхности и свойства хлопкового волокна (влажность, загрязнённость, доленое участие волокна и семян). Этот метод позволяет оптимально оценить количественное распределение составов.

4. На основе проведённых исследований по влиянию видов каолинового наполнителя на эксплуатационные свойства гетерокомпозиционных полимерных материалов разработан критерий оценки рационального использования сырьевых ресурсов. Подана заявка на патент IAP 20180203 Республики Узбекистан, обеспечивающий рациональное использование продукции ОАО «Ангрен-Каолин».

5. В целях определения влияния количества и вида наполнителя на свойства и структуру гетерокомпозиционных полимерных материалов, на основе проведения экспериментов и математического метода оптимизации были разработаны уравнения регрессии, служащие обеспечению достоверности полученных научных и практических результатов.

6. Результаты исследований прошли комплексные испытания и внедрения на предприятии АО «Андижан 1-сон пахта тозалаш» в 2017-2019 гг., в частности, на пневмотранспортёрах, винтовых конвейерах, шнековых очистителях и распределителях. В результате достигнуто увеличение срока службы технологического оборудования на 32,5%. Экономическая эффективность от внедрения на одном предприятии республики разработанной технологии по переработке хлопка составила 160 млн. сум реального и 857 млн. сум ожидаемого эффекта.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSC.28.02.2018.T.03.04 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY AND NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**BAKIROV LUTFILLO YULDOSHALIEVICH**

**STRUCTURE FORMATION OF THE RESEARCH IS MODIFIED  
POLYFUNCTIONAL POLYMER COMPOSITE MATERIALS AND THE  
DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION AND TECHNOLOGY FOR  
THEIR PREPARATION**

**05.02.01 – Materials of the science are based on the mechanical engineering. Foundry  
production. Heat treatment and handling of metals pressure. Metallurgy of ferrous, non-  
ferrous and rare metals  
(technical science)**

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

**Tashkent – 2019**

**The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.3.PhD/T457**

The doctoral dissertation is made in the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the Information of the Educational Portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Ziyamukhamedova Umida Alijdjanovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Norhudzhaev Fayzulla Ramazanovich**  
doctor of technical sciences, professor  
**Zairova Dilfuza Nazirovna**  
Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor

**Leading organization:** **Andizhan machine-building institute**

The defense will take place «05» December 2019 at 16<sup>00</sup> at the meeting of scientific council DSc.28.02.2018.T.03.04. at Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan located at 2, University street, Tashkent, 100095. Tel/fax No (99871) 227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State University (registration number 118). (Address: 100095, , st. University 2, Tashkent Tel/Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on «22» November 2019 .  
(mailing report №118 on «22» November 2019 ).

**K.A.Karimov**  
Chairman of scientific council for  
awarding degree,  
doctor of technical sciences, professor

**N.D.Turakhodjayev**  
Scientific secretary of scientific council  
for awarding degree, doctor of technical sciences, professor

**R.M.Mikhridinov**  
/Chairman of scientific council seminar at the  
Scientific Council for the awarding academic degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work:** It consists of structure study, composition and acquisition of technology on the basis of chemical modification, which effectively enhances the physical-mechanical and performance properties of polyfunctional multilayer HCPM.

**The object of the research work:** working surfaces, kaolin, SRW (Silk Recycling Waste), CF (cotton fiber) and chemical modifiers of large size technological equipments of plants, which early processing for cotton.

**Scientific novelty of the research work is followings:**

processed a new developed mathematical model for the evaluation of the actual touch surface (ATS), taking into account the structure and features of frictional surface, which minimizes the mechanical damage of valuable fiber in the interaction with cotton in the mutual friction;

optimized the composition, properties and forming technology components of multilayer coatings on the basis of multifunctional HCPM;

geometrical sizes, quantity of fillers and granulometric composition of polyfunctional multilayercoatings of local mineral fillers for optimal internal and surface structure were determined;

processed a technology for the modification of HCPMs, which provides optimal utilization of local goods and energy resources.

**The introduction of research results.** Based on the results of the dissertation, the practical results of the research are as follows:

The early Cotton recycling enterprise, which has a high adhesion strength with steel surfaces, which requires the HCP coatings for large-size technological machines, and offers a rational use of anti-friction, anti-friction characteristics and heat-resistant fabric and anti-frost and energy resources activation-geliotechnology method.

Large-size technological equipment includes antifriction, antifriction-heat-resistant, anticorrosive-heat-resistant, polyfunctional HCP coatings that reduce mechanical damage to cotton, and technology for their application and targeted use in cotton-fracture interaction.

The patents of IAP20180202 and IAP20180203 of the Republic of Uzbekistan have been developed and sent to the Intellectual Property Agency (14.05.2018) on new composites. Proposed new composition of the HCP covers enterprises of “Uzpakhtasanoat” Association, including: “Andijan cotton cleaning №1” SC and “Oqchi cotton cleaning” JSC, Andijan region, “Karasuv cotton cleaning” JSC, enterprises of Tashkent region (2017-2019)), cotton wounds decreased by 0,45-0,90% and being pressed of cotton seeds by 6-10%, machine productivity increased by 10-15% (“Andijan cotton cleaning №1” October 28, 2019. Act No. 20-2042).

**Structure and size of the dissertation:**The structure of dissertation consists of four chapters, conclusions, a list of used literature and applications. The volume of dissertation is 120 pages.

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**  
**Список опубликованных работ**  
**List of published works**  
**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Основы обеспечения эксплуатационной надежности гетерокомполитных полимерных материалов для деталей машин. Джумабаев.А.Б., Собиров.Б.А., Миладуллаева.Г.Б., Бакиров.Л.Ю., Халимов.Ш.А. (Под общ. ред. д.т.н., проф. А.Б.Джумабаева) - Ташкент. – 2018. –440с.

2. Ziyamukhamedova.U.A., Bakirov.L.Y., Rakhmatov.E.A., Bektemirov.B.Sh. Structure and properties of heterocomposite polymeric materials and coatings from them obtained by heliotechnological method /ASTESJ. ISSN: 2415-6698. Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal Vol. 4, No. 2, XX-YY (2019)

3. Ziyamukhamedova U.A, Bakirov L.Y. Investigation of influence of fillers on the properties of composite polymers materials obtained with use of solar energy /ISSN: 2350-0328 International Jurnal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.– 2018. – №5 – С.5451-5455. [www.ijarset.com](http://www.ijarset.com). (05.00.00№8)

4. Ziyamukhamedova U.A, Bakirov L.Y. Miradullaeva G.B. Some scientific and technological principles of development of composite polymer materials and coatings of them for cotton machine / EUROPEAN SCIENCE REVIEW № 3–4 2018 March–April Vienna Publishing– 2018.– С.130-135. (05.00.00№6)

5. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Мухиддинов.З.Н., Джумабаев.А.Б. Исследование технологических особенностей разработки гетерокомпозиционных полимеров, взаимодействующих с волокнистыми материалами //Вестник ТашГТУ. – 2016. – №4. – С.101-106. (05.00.00№16)

6. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Мухиддинов.З.Н. Особенности технологических факторов получения гетерокомполитных полимерных материалов, фрикционно-взаимодействующих с хлопком //Вестник ТашГТУ. –2017. –№2. –С.120-124. (05.00.00№16)

7. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Миладуллаева.Г.Б. Исследование структуры и свойств материалов, полученных с использованием альтернативной энергии // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари ТашГТУ. –2017. –№3-4. –С. 228-233. (05.00.00№21)

8. Ахмедходжаев.Х.Т., Джумабаев.А.Б., Бакиров.Л.Ю., Собиров.Б.А. Обобщенный критерий оценки эффективности новых материалов и конструкции для технологических машин по переработке хлопка. //“Тўқимачилик муаммолари” илмий-техника журнали. –2018. –№4. – С. 44-49. (05.00.00№17)

9. Бакиров.Л.Ю., Собиров.Б.А., Халимов.Ш.А., Тураев.М.У., Джумабаев.А.Б. К созданию установки для исследования релаксации напряжения в полимерных композиционных материалов с учетом трения и

изнашивания. //“Механика муаммолари” илмий-техника журнали. –2018. – №4. –С. 81-85. (05.00.00№6)

10. Бакиров.Л.Ю., Мухиддинов.З.Н., Ортиқов.С.С. Исследования свойств гетерокомпозитных полимерных материалов, наполненных из местного минерала и покрытий из них, формированные гелиометодом. //Вестник ТашГТУ. –2019. –№2. –С.101-106. (05.00.00№16)

11. Патент РУз IAP№20180202 талабнома.

12. DGU 06066. Модификацияланган полимер композицион материалларнинг таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш / Л.Ю.Бакиров, Г.Б.Мирадуллаева, Э.А.Рахматов // Тошкент-2019.

13. DGU 06067. Полифункционал полимер композицион материалларнинг структурасини тадқиқ қилиш, таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш / Л.Ю.Бакиров, Э.А.Рахматов, Ли Мёнг Сук// Тошкент-2019.

14. DGU 06756 Пахта толасининг механик жароҳатланишини ишқаланувчи сиртлар ҳақиқий тегишув юзасининг нисбий ўзгариши бўйича баҳолаш / Л.Ю.Бакиров, У.А.Зиямухамедова, Б.А.Собиров, З.З.Джумабаева, Х.С.Ҳасанов// Тошкент-2019.

15. DGU 06757 Комплекс омиллар кўпайтмаси минимал миқдори бўйича технологик жиҳоз ишчи сиртлари учун қоплама материални танлаш/ Л.Ю.Бакиров, У.А.Зиямухамедова, Б.А.Собиров, З.З.Джумабаева, М.М.Иброҳимов // Тошкент-2019.

## **II-бўлим (II-часть; II-part)**

16. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Мухаммаджонов.Х.М. Механо-химический метод получения гетерокомпозитных полимерных материалов для покрытий крупногабаритных оборудования. //«Инжиниринг техно 2016» Сборник трудов IV международной научно-практической конференции, 22-25 октября. Том 2 - Саратов –2016. –С. 21-26.

17. Джумубаев.А.Б., Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю. О некоторых проблемах технологической особенности разработки композиционных полимерных материалов с заданными служебными свойствами при фрикционном взаимодействии с хлопком. //“Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья” Материалы Международной научной конференции (12-13 июня 2017 года) Türkmenistanyň Ýlymlar akademiýasy, 2017 I Aşgabat•Ýlym•–2017. –С. 99-101.

18. Бакиров.Л.Ю., Зиямухамедова.У.А., Мирадуллаева.Г.Б. Исследования физико-механических свойств гетерокомпозитных полимерных материалов и покрытий из них, формированных гелиотехнологическим методом. //“Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья” Материалы Международной научной конференции (12-13 июня 2019 года) I Türkmenistanyň Ýlymlar akademiýasy, 2019 Aşgabat•Ýlym•–2019. –С. 55-57.

19. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Мирзахмедов.Б.Х., Мухиддинов.З.Н., Джумабаев.А.Б. Некоторые научно-технологические принципы разработки композиционных полимерных материалов и покрытий из них для хлопковых машин. // “Фундаментальные и прикладные проблемы науки” Материалы XII Международного симпозиума Челябин–2017. –С. 84-91.

20. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю. Получение гетерокомпозиционных материалов и покрытий из них с эффективным использованием альтернативных энергетических ресурсов. //Международная научная конференция. Сборник научных статей “Innovation-2017” Тошкент–2017. –С. 80-81.

21. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Миладуллаева.Г.Б., Рахматов.Э.А. Новые материалы и технологии на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов. //Международная научная конференция. Сборник научных статей “INNOVATION-2018” Тошкент–2018. –С. 79-80.

22. Bakirov L.Yu, Ziyamuhamedova U.A, Rakhmatov E.A. Producing technologies of creating new materials by using fillers from local mineral raw materials and organic modifiers// Monografia pokonferencyjna science, research, development #16/7 Santa Monica (17.05.2019 California) California-2019. –S. 148-150.

23. Bakirov L.Y, Khasanov B.M, Ziyamuhamedova U.A, Olimjonov P.F, Isomiddinov D.I. Study of physical and mechanical properties of heterocomposite polymeric materials and coatings from them formed heliotechnological method// 4th international eduindex multidisciplinary conference June 2019. Special issue European Journal of Business and Social Sciences ISBN: 978-93-86954-30-5 Eduindex publishing Zurich, Switzerland Pen2print 61-63

24. Бакиров.Л.Ю., Зиямухамедова.У.А., Миладуллаева.Г.Б., Хабибуллаева.И.А. Решение проблемы сохранения качества хлопка-сырца применением энергетических и сырьевых ресурсов в хлопкоперерабатывающих машинах// «Иновацион техника ва технологияларнинг муаммо ва истиқболлари» мавзусидаги Республика илмий ва илмий-техник анжумани, ТошДТУ-2019. –С 23-24

25. Бакиров.Л.Ю., Джумабаев.Д.А., Зиямухамедова.У.А. Табиий пахта ва гетерокомполит полимер материалларининг ўзаро фрикцион таъсирлашувида ҳақиқий тегишув юзаси моделини такомиллаштириш орқали баҳолаш //Научный вестник “Машиностроение” 2019/№ 3 Андижон- 2019. –С 52-59

26. Бакиров.Л.Ю., Одилов.Ф.У., Тўраев.Ш.А. Босим остида тайёрланган полимер материаллардаги физикавий ўзгаришлар. //“Машинасозликда замонавий материаллар, техника ва технологиялар” Халқаро илмий-техникавий анжуман тўплами. Андижон–2016. –С. 82-86.

27. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю. Исследование свойств и структуры композиционных полимерных материалов для покрытий крупногабаритных оборудований, работающих в условиях износа и коррозии.

//Международная научная конференция. Сборник научных статей “АндМИ-2018” Андижон–2018. –С. 226-231.

28. Мирадуллаева.Г.Б., Бакиров.Л.Ю., Зиямухамедова.У.А. Технологические принципы разработки композиционных полимерных материалов и покрытий по фактору температуры стеклования.//“Машинасозлик хабарномаси”. –2017. –№2. –С. 30-34.

29. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Мухаммаджонов.Х.М. Инновационная технология структурообразования полифункциональных машиностроительных материалов с использованием наноразмерных минеральных наполнителей.//“Инновация: фан, таълим, технология” – 2017. – №1. – С. 35-39.

30. Джумабаев.А.Б., Бакиров.Л.Ю., Махаммаджонов.Х.М. ва бошқалар. Пахтани йиғиштириш, ташиш ва қайта ишлаш технологик жараёнларини техник тартибга солишнинг истиқболлари. //“ЎЗСТАНДАРТ” Илмий-техника журнали. – 2017. – №1. – С. 36-38.

31. Зиямухамедова.У.А., Бакиров.Л.Ю., Запаров.А.А. Влияния температуры на свойства наполненных гетерокомполитных полимерных материалов. Инновационная технология структурообразования полифункциональных машиностроительных материалов с использованием наноразмерных минеральных наполнителей. //“АДУ хабарномаси”. – 2017. – №4. – С. 17-21.

32. Бакиров.Л.Ю., Мухиддинов.З.Н. Перспективы создания высокоэффективных нанокompозитных материалов для машиностроения с использованием местных сырьевых и энергетических ресурсов. //“Инновацион ривожланиш муаммолари: ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” Мавзусидаги вазирлик миқёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами 2017 йил 26 апрель Андижон – 2017–С.176-179.

33. Бакиров.Л.Ю., Мухиддинов.З.Н. Разработка гетерокомполитных заливочных материалов и покрытий из них с рациональным использованием местных минеральных и энергетических ресурсов. // Жиззах политехника институти фан-техника, таълим ва технологиялар: долзарб муаммолар ва ривожланиш тенденциялари Мавзусидаги илмий-техник анжумани материаллари тўплами (2-қисм) 2017 йил 14-15 апрел Жиззах– 2017–С. 110-113.

