

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

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

**АБДУЛЛАЕВ ОТАБЕК ХУСЕНОВИЧ**

**МАШИНАСОЗЛИК УЧУН АНТИФРИКЦИОН-ЕЙИЛИШБАРДОШ  
КОМПОЗИЦИОН ТЕРМОПЛАСТИК ПОЛИМЕР МАТЕРИАЛЛАР ВА  
УЛАРДАН ҚОПЛАМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент – 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Абдуллаев Отабек Хусенович**

Машинасозлик учун антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллар ва улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ..... 3

**Абдуллаев Отабек Хусенович**

Разработка антифрикционно-износостойких композиционных термопластичных полимерных материалов и технология получения покрытия из них машиностроительного назначения .....21

**Abdullaev Otabek Huseynovich**

Development of antifriction-wear-resistant composite thermoplastic polymer materials and technology for obtaining coatings from them for machine-building purposes.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

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

**АБДУЛЛАЕВ ОТАБЕК ХУСЕЛОВИЧ**

**МАШИНАСОЗЛИК УЧУН АНТИФРИКЦИОН-ЕЙИЛИШБАРДОШ  
КОМПОЗИЦИОН ТЕРМОПЛАСТИК ПОЛИМЕР МАТЕРИАЛЛАР ВА  
УЛАРДАН ҚОПЛАМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент – 2022**



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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Дунёда машина ва механизмларнинг ишқаланиш қисмларида ишлатиладиган янги юқори самарали металлполимер материалларининг умрбоқийлигини ва ишлаш қобилиятини ошириш ҳамда такомиллаштириш катта қизиқиш уйғотди. Бу борада, металл полимер материаллар сирт қатламларининг тузилиши ва хоссалари уларнинг мустақамлигига сезиларли таъсир кўрсатиши, антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллардан фойдаланиш ва улардан машинасозликда қопламалар олиш технологиясини яратиш ва мавжудларини такомиллаштириш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳон миқёсида антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллар ва улардан машинасозлик мақсадларида қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш устида изланишлар олиб борилмоқда. Шу муносабат билан машина ва механизмларнинг ишчи органлари учун металл-полимер сирпанувчи подшипникларини ишлаб чиқариш учун антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик ва терморреактив полимер материалларини ишлаб чиқиш ва металл-полимер қопламалар олиш технологиясини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда машиналарнинг подшипник қисмларида ва бошья деталларида ишлатиладиган антифрикцион металл-полимер қопламаларини ишлаб чиқиш бўйича муайян илмий изланишлар олиб борилмоқда ва маълум натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясининг тўртинчи йўналиши тўртинчи бандида «...тадқиқот ва инновацион фаолиятни рағбатлантиришнинг самарали механизмлари, илмий ва инновацион ишланмалардан фойдаланиш...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, машинасозлик учун антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллар ва улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш, яратилган термопластик полимер материаллардан сирпанувчи подшипниклар олиш технологиясини такомиллаштириш катта аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонлари, 2008 йил 7 апрелдаги ПҚ-832 «2007-2011 йилларда пахта тозалаш саноати корхоналарини модернизация ва реконструкция қилиш дастури тўғрисида»ги, Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг "2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикаси ривожланишининг бешта устувор йўналишларидаги ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги № ПФ-4947-сонли Фармони

вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.**Дунё амалиётида янги полимер композицион материалларини (ПКМ) яратишда қуйидаги таниқли олимлар ўзларининг маълум ҳиссаларини қўшганлар:А. Hayashi, S. Hulemand, R. Morgen, A. D'Amore, D. Jully, G. Akovali, Н.С. Ениколопов, С.Н. Журков, В.В. Коршак, С.А. Вольфсон, А.А. Берлин, М.С. Акутин, Ю.С. Липатов, Э.Ф. Олейник, Ф. Мэттьюз, Г.С. Головкин, М.А. Аскарлов, С.Ш. Рашидова, А.Х.Юсупбеков, А.С. Ибодуллаев, улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича В. Arkes, R. Goudhue, А.А. Askadski , В.А. Белого, А.Д. Яковлев, В.Г. Савкин, А.В. Струк, В.П. Соломко, Р.Г. Махкамлов, С.С. Негматов, А.А. Рискулов, Г. Гулямов, Н.С. Абед ва бошқалар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, антифрикцион хусусиятлари юқори бўлган машина ва механизмларнинг ишқаланиш агрегатларида ишлатиладиган металл полимер материаллари ва қопламаларининг ишлаш қобилияти ва самарадорлигини ошириш масалалари ҳали ўз ечимини топмаган. Бу машиналарнинг металл ва бошқа қисмларини ўзаро таъсирлашиб ишлайдиган композицион полимер материаллар ва улардан тайёрланган қопламаларнинг физик-механик, триботехник хусусиятларини комплекс ўрганиш билан боғлиқ қийинчиликлар туфайли уларни олишнинг оригинал технологиясининг йўқлигидадир. Мазкур диссертация иши ушбу долзарб муаммоларни ҳал этишга бағишланган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг амалий лойиҳаларнинг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №ППИ 12-45—«Термопластик полимерлар ва ноорганик тўлдирувчилар асосида антифрикцион-ейилишбардош композицион материаллар ишлаб чиқариш ва улардан пахтани қайта ишлаш комплекси машиналарининг ишчи органлари учун эҳтиёт қисмлар ишлаб чиқариш бўйича самарали технологияни ишлаб чиқиш»(2012-2014), №ППИ-А-12-95 «Толали масса (пахта толаси) билан ўзаро таъсирлашувчи кристаллизацияланадиган полимерлар асосида антифрикцион-ейилишбардош нанокомпозитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш»(2015-2017 йй.) мавзусидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** машинасозлик учун антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллар ва улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

металл полимер материаллар ва улар асосида қопламалар ишлаб чиқариш учун термопластик полимерлар ва органоминерал тўлдирувчилардан тадқиқот объектларини танлашни асослаш;

адгезион бирикманинг механик мустаҳкамлигининг қиймати ва қатлам (металл)юзасини ташкил этувчиларнинг структураси ўртасидаги қонуниятларни мунтазамлигини ўрганиш ва аниқлаш;

триботехник мақсадларда антифрикцион металл полимер қопламаларини яратиш учун металл полимер материалларининг оптимал таркибини ишлаб чиқиш;

модификацияланган металл полимер материалларини шакллантириш учун оптимал технологик параметрларни аниқлаш (муҳит, ҳарорат, давомийлик, эскириш шароитлари, тўлдирувчиларнинг таъсири);

материалнинг эксплуатацион хусусиятларини энг тўлиқ аниқлайдиган ишқаланиш агрегатларида модификацияланган металл-полимер материаллардан фойдаланиш самарадорлигини аниқлаш;

пахта тозалаш машиналари ва механизмларида маҳаллий ва иккиламчи хом ашёлардан металл полимер материаллари асосида тайёрланган халқали сирпанувчи подшипникларини тажриба синовларини ўтказиш, шунингдек уларнинг ишқаланиш агрегатларида фойдаланишнинг техник-иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида кунсимон термопластик полимерлар: поликапроамид, пентапласт, полиэтилен, пўлат 45, машинасозлик чўянлари, турли металллар ва уларнинг фальга шаклидаги қотишмалари, платин ва симлар, неазон Д олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** машина қисмлари ва механизмларининг подшипникли агрегат қисмларида ишлатиладиган металл-полимер антифрикцион қопламаларнинг ишқаланиши ва едирилиши жараёнининг умумий қонунларини аниқлаш ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда рентгенструктур тахлили, МИМ-8 микроскопи, дериватограф ОД-102, дифрактометр-УРС-50 ИМ ва бошқа кимёвий тахлил усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

тўлдирилган термопластик полимерларнинг антифрикцион ейилишбардош хоссалари аниқланган;

олинган металл полимер қопламаларининг хусусиятларига технологик параметрларнинг таъсири аниқланган;

антифрикцион металл полимер қопламаларини яратиш учун металл полимер материалларининг оптимал таркибини ишлаб чиқилган;

антифрикцион композицион полимер қопламанинг ўзаро алоқадаги таъсири натижасида материалнинг тузилиши, унинг самарадорлигини

тўлдирувчининг турига ва полимер қопламини тўлдириш даражасига боғлиқлиги аниқланган;

металл-полимер композицион материалларнинг сирпанувчи подшипникларда қўлланилиши натижасида қурилмаларнинг ишлаш самарадорлигини ошириш тажрибада асосланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

термопластик полимерлар ва органоминарал тўлдирувчилар асосида юқори физик ва механик хусусиятларга эга бўлган антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материалларини олиш учун композициянинг оптимал таркиби ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материалларни қўллаб қопланган сирпаниш подшипникларининг янги турини яратиш имконияти аниқланган;

илмий асосланган ёндашув асосида танланган полимер боғловчилар ва органоминарал тўлдирувчилар асосида юқори триботехник хусусиятларга эга бўлган антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материаллар ва улар асосида қопламалар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** фойдаланилган физик-кимёвий (рентгенструктур, кимёвий ва электрон микроскопик таҳлиллар) ҳамда физик-механик тадқиқот усуллари билан асосланган. Тадқиқот натижалари математик-статистик усул билан қайта ишланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, полимер ва органоминарал тўлдирувчиларининг тури ва таркиби ҳамда технологик омилларга қараб, металл полимер материаллари ва қопламаларнинг ишқаланиш қонуниятларини тадқиқ қилиш ва аниқлаш орқали антифрикцион мақсадлар учун самарали металл полимер материаллари ва қопламаларни ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти юқори физик-механик хусусиятларга эга металл-полимер материалларни яратишдан иборат бўлиб, пахтани қайта ишлаш машиналари ва механизмларининг ишчи органларини ишқаланиш учун металл полимер материаллар асосида янги сирпаниш подшипникларини яратиш имконияти курсатилган ҳамда сирпанувчи подшипниклар олиш ва шунга мос равишда пахтани қайта ишлаш машиналари ва механизмлари ишчи органларида тадбиқ этишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.**Машинасозлик учун антифрикцион-ейилишбардош композицион термопластик полимер материаллар ва улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материаллардан композицион металл-полимер материаллар асосидаги сирпаниш подшипникларининг конструкциялари Пискент пахта тозалаш заводида жорий қилинган («ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ»нинг 2021 йил 19ноябрдаги 02-11/515-сон маълумотномаси). Натижада, машина ва



механизмлар ишчи органларининг ейилишбардошлигини 1,5-1,8 марта, машиналарнинг ишлаш самарадорлигини 7-15% га ошириш имконини берган;

янги усул билан олинган винтли конвейрлар ишчи органларида антифрикцион-ейилишбардош композицион металл-полимер материаллар асосидаги сирпаниш подшипниклари Пискент пахта тозалаш заводининг узатиш линтерида жорий қилинган («ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ»нинг 2021 йил 19ноябрдаги 02-11/515-сон маълумотномаси). Натижада, Пискент пахта тозалаш заводида ишлатиладиган энергия қувватини 7-8% га камайтириш ҳамда корхонадаги ускуна ва қурилмаларининг умрбоқийлигини ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 6 та анжуманларда, ҳусусан 1 та Республика ва 5 та халқаро илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 8 та илмий мақола, жумладан, 6 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация тузилиши кириш, бешта боб, ҳулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 103 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланади, мақсади ва вазифалари шакллантирилади, тадқиқот объекти ва ва предмети кўрсатилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари келтирилган, уларнинг ишончлилиги асосланган, натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, ишланмаларни амалга ошириш натижалари, ишни синовдан ўтказиш натижалари ва нашр этилган ишлар ҳамда диссертация тузилиши, шунингдек тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиниши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи бобида «**Антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материаллар ва улар асосида қопламалар олиш технологиясининг ҳозирги ҳолати ва таҳлили**», кўплаб турли хил антифрикцион-ейилишбардош композицион металл-полимер материаллар ва улардан машинасозлик мақсадларида тайёрланган қопламалар ҳолати ва қўлланилиши бўйича замонавий адабий манбаларнинг комплекс таҳлили берилган, юқори антифрикцион ва бошқа физик-механик хусусиятларга эга металл-полимер композицион полимер материаллар (МПКМ) ва улар асосида

қопламалар ишлаб чиқариш учун самарали композициялар ва технологияларни яратиш талаблари келтирилган.

Адабиётлар таҳлилидан маълум бўлишича, ишқаланиш шароитида ишлайдиган антифрикцион композицион металл-полимер материаллар ва улардан тайёрланган қопламалар ишлаб чиқиладиганда композицияга киритилган органоминерал тўлдирувчиларнинг табиати, тури, таркиби ва нисбатининг таъсири батафсил ёритилмаган, шунингдек уларнинг самарали таркиблари ва композицияларни ишлаб чиқариш технологиясини яратишда илмий асосланган ёндашув мавжуд эмас. Диссертация иши ушбу муаммоларни ҳал қилишга бағишланган бўлиб, диссертация ишининг мақсадини белгилаб берган.

Диссертациянинг иккинчи бобида **«Антифрикцион-ейилишбардош композицион полимер материаллар ва улар асосида қопламалар олиш технологиясининг тадқиқот объектини ва усулини танлаш ва асослаш»** композицион металл-полимер материаллар ва улар асосида қопламаларни олиш усуллари ҳамда композицион металл-полимер материаллар ва улардан олинadиган қопламаларнинг триботехник ва физик-механик хусусиятларини ўрганиш усуллари, тадқиқот объектлари баён этилган ва асослаб берилган. Композицион металл-полимер материалларнинг триботехник ва физик-механик кўрсаткичларини ўрганиш натижаларини статистик қайта ишлаш усули келтирилган.

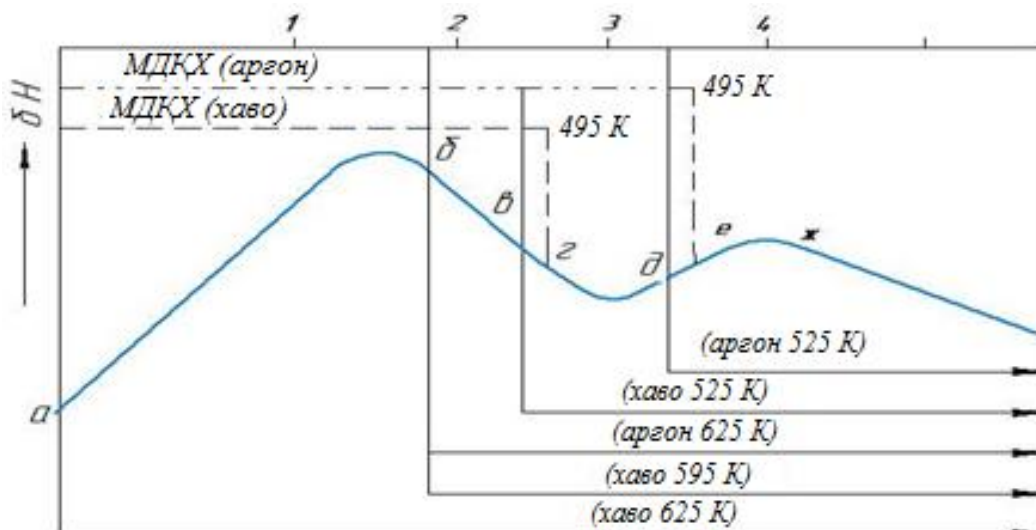
**«Металл полимер бирикмалари ва қопламалар ҳосил бўлишининг технологик параметрларини ўрганиш»** деб номланган диссертациянинг учинчи бобида металл полимер материаллари шаклланишининг асосий технологик параметрлари, адгезион бирикмалар ҳосил бўлиш ҳарорати, унинг таъсир муддати, ҳосил бўлиш муҳити, термостабилизаторларнинг ва каттик тўлдирувчиларнинг таъсири, шунингдек, адгезион бирикмалар ҳосил бўлиши жараёнида поликапроамид ваметалл сирт қатламини структур ташкил этувчиларнинг хусусиятларини ўрганиш натижалари бўйича экспериментал маълумотлар келтирилган. Адгезион бирикмаларнинг мустаҳкамлиги, ҳосил бўлган металллардаги қопламаларнинг физик-механик хоссаларига ҳарорат-вақт режими (металл қопламанинг олдиндан қиздириш ҳарорати, унинг ҳаракат вақти) қатъий таъсир этиши кўрсатилган.

Адгезион бирикма мустаҳкамлигининг ҳарорат-вақтга боғлиқлигини экспериментал равишда очиқ бериш учун поликапроамид қопламаларини ҳосил қилиш пайтида термик оксидланиш жараёнлари ўрганилди. Термик оксидланиш даражасини ўзгартириш учун турли муҳитлар (аргон, ҳаво) ҳамда неозон Д термостабилизаторидан фойдаланилган. Олинган тажриба маълумотлари ва уларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, аргон ва ҳавода олинган қопламаларнинг ёпишқоқлиги ва микроқаттиқлиги иссиқлик стабилизаторининг миқдорига боғлиқлиги бир хил, лекин ҳавода олинган қопламалар учун боғлиқлик графиги иссиқлик стабилизаторининг юқори концентрацияси томон силжиган. Биринчи ҳолат қопламаларнинг хоссаларини ўзгаришини аниқловчи жараёнларнинг бир ҳиллигидан далолат беради, иккинчи ҳолат аргон ва ҳавода бир хил шаклланиш ҳолатида олинган

қопламалар учун иссиқлик стабилизаторининг бир хил миқдорининг киритилиши қопламаларнинг микроқаттиқлиги ва адгезиясини ўзгариш хусусиятларини мос эмаслиги ҳақида маълумот беради.

Поликапроамид асосидаги металлополимер композицион материалларнинг шаклланиш технологиясида амалий қўллаш учун текширилган тадқиқотлар асосида 625 К га эга бўлган, ҳаво муҳитида исталган шаклланиш ҳароратида олинган қопламалар учун иссиқлик стабилизаторининг поликапроамиддаги миқдорининг, 625 К дан юқори ҳароратда шаклланиш ҳарорати нисбатан кенг интервалга эга бўлган, аргон муҳитида олинган қопламалар учун микроқаттиқлик ва адгезиясига боғлиқ ҳолда хусусиятларини олдиндан айтиш имконини берадиган номограмма графиги таклиф этилган (1-расм).

Бундан ташқари, график - номограммадан фойдаланиб, ҳавода ҳам, аргонда ҳам олинган қопламалар учун шаклланиш ҳароратининг адгезион ва микроқаттиқлик хусусиятларига боғлиқлигини олдиндан айтиб бериш мумкин.



**1-расм. Аргон ва ҳаво муҳитида олинган МДҚХ ва иссиқлик стабилизатори фоиш миқдорининг поликапроамидли қопламаларининг микроқаттиқлигига ва пўлатга ёпишқоқлигининг боғлиқлиги графиги-номограммаси**

Олинган маълумотлар полимернинг термооксидланишида поликапроамидли қопламаларнинг ёпишқоқлиги ва микроқаттиқлиги монотон бўлмаган равишда ўзгаради, уларнинг полимернинг термооксидланиш даражасига боғлиқлиги кетма-кет жойлашган минимумга мос қисмга (д, г, в) ва максимум қисмга (в, б, а) мос келадиган эгри чизик билан тавсифланади (а, б, в, г, д) (1-расм). Полимердаги иссиқлик стабилизатори таркибининг катта фоишларига мос келадиган қисмининг (г, д) термооксидланиш жараёнларига ҳеч қандай алоқаси йўқ, чунки иссиқлик стабилизатори қуйи молекуляр оғирликдаги модда бўлиб, у полимерга катта миқдорда киритилганда ёпишқоқ бирикманинг мустаҳкамлигини камайишининг кузатилиши табиийдир. (Г) нуқта полимернинг оксидланмаган

ҳолатига мос келади. Қопламаларни олиш технологияси туфайли полимер оксидланишининг ортиши билан (д, г, в, б, а) эгри чизиқларга мос равишда адгезияси ва микроқаттиқлиги ҳам ўзгаради. Оксидланиш даражасига ёпишқоқлик ва микроқаттиқликни боғлиқлигининг бу табиати, термик ва термо-оксидланиш эскиришининг турли босқичларида макромолекулаларнинг тузилиши ва деструкция жараёнлари тезликларининг фарқи билан тушунтирилиши мумкин.

Шундай қилиб, поликапроамиднинг термик ва термооксидловчи эскиришининг биринчи босқичида деструкция, иккинчисида структураланиш ва учинчисида деструкция устунлик қилади (полимернинг чуқур парчаланиши содир бўлганда). Полимернинг деструкцияланиши мустаҳкамлиги ва микроқаттиқлигини камайишига, структураланиш эса ортишига имкон беради, бу ҳолатда поликапроамидни эскиришининг биринчи ва иккинчи босқичларида поликапроамид оксидланиш даражасининг микроқаттиқлигига боғлиқлиги графигида минимумнинг мавжудлиги билан, иккинчи ва учинчисида эса максимумнинг мавжудлиги билан тушунтирилади. Яна шуни айтиб ўтиш керакки, максимум фақат иккинчи босқич билан боғлиқ бўлиб, микроқаттиқлигининг ўзгариш хусусиятлари эса мустаҳкамлигининг ўзгариш хусусиятлари билан корреляцияланади.

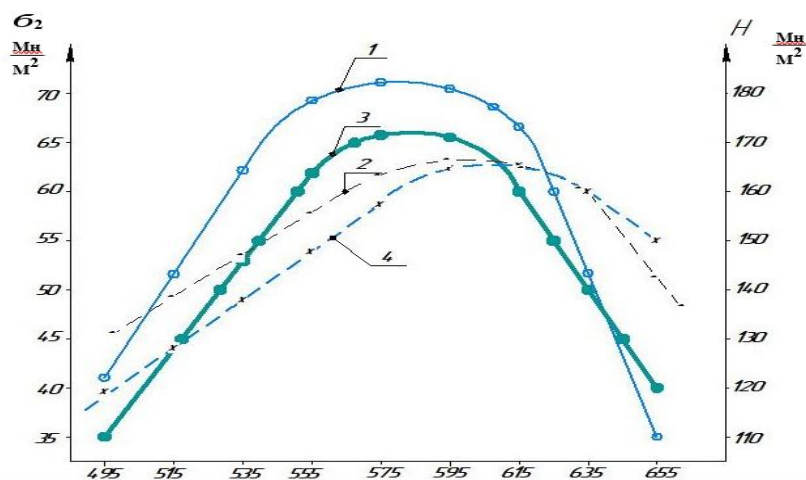
Адгезион бирикмаларнинг парчаланиш тури тадқиқотлари натижалари кўшимча равишда поликапроамиднинг адгезион ва когезион хоссаларининг корреляцияси нафақат термооксидланиш даражаси ўзгаришида, балки тўлдирувчилар киритилганда ҳам кузатилишини кўрсатди.

Полимернинг тўлдирувчилар билан тўлдирилганда қаттиқ юзага ёпишишининг ўзгариш сабаблари ҳозирда етарли даражада ўрганилмаган. Тадқиқот натижаларининг кўрсатишича, тўлдирувчилар билан тўлдирилганда адгезиянинг ўзгариши полимер қопламаларнинг термооксидланиш жараёнига тўлдирувчиларнинг таъсири билан боғлиқ. Полиэтилен учун, баъзи тадқиқотчилар томонидан қаттиқ тўлдирувчилар термооксидланиш жараёнини тезлаштириши (катализ) ёки секинлаштириши (ингибирлаш) мумкин эканлиги кўрсатилган. Агар тўлдирувчи боғловчининг термооксидланишига нисбатан инерт бўлса, тўлдирилган полимер суюқланмасидан қопламалар ҳосил қилиш вақтида адгезион бирикманинг мустаҳкамлиги асосан тўлдирувчининг механик хоссаларига боғлиқ бўлади.

2-расмда поликапроамид қопламаларининг узилишдаги мустаҳкамлиги ва микроқаттиқлигининг ўзгариши экспериментал эгри чизиқлари келтирилган. Ушбу расмдан кўриниб турибдики, ушбу боғлиқлик МДҚХ(590-600)К га мос келувчи максимум билан экстремал характерга эга. Суюқ азотда қаттиқ совутилган (2-расм, 2,4 эгрилар) гранулаларни механик майдалаш усули билан олинган кукунсимон поликапроамидга нисбатан, сувда ва капролактама эритмасида г - кетма-кет қайта чўктириш орқали гранулаларни кимёвий қайта чўктириш усули билан олинган кукунсимон поликапроамид узилишдаги мустаҳкамлик ва микроқаттиқлик эгриларининг

ТПНМга боғлиқлиги (2-расм, 1, 3 эгрилар) бир неча бор юқори хусусиятларга эга.

Бу полимер макромолекулаларининг механик майдаланиш вақтида маълум даражада деструкцияланиши содир бўлишини кўрсатади. Лекин, механик майдаланган кукунлардан қопламаларнинг мустаҳкамлик хоссаларининг бирмунча ёмонлашувига қарамай, кукунларини ишлаб чиқариш усулининг ўзи самарали бўлиб, поликапроамидкукунларини саноат ишлаб чиқариши учун асос бўлиши мумкин.



1-2- кимёвий қайта чўктириш йўли билан олинган кукун; 3-4 - заррачаларни механик майдалаш йўли билан олинган кукун

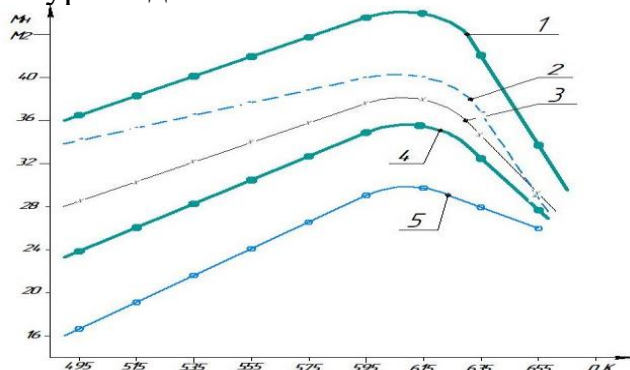
## 2-расм. Поликапроамид қопламаларининг узилишдаги мустаҳкамлиги (1-3) ва микроқаттиқлигининг (2-4) МДҚХ га боғлиқлиги

Тажрибалар давомида АБЮнинг ўзгариш хусусияти узилишдаги мустаҳкамлик ва микроқаттиқликнинг ўзгариш хусусиятига ўхшашлиги аниқланди, яъни ҳосил бўлиш температураси (МДҚХ) ортиши билан адгезион бирикманинг мустаҳкамлиги ортиб, МДҚХ 590 – 610 К да максимумга эришади ва сўнгра пасаяди (3 – расм, 1, 2 - эгри чизиклар). ТПНМнинг ортиши билан қопламаларнинг мустаҳкамлик хусусиятларининг ортиши қуйидаги сабабларга боғлиқ бўлиши мумкин:

1. Полимернинг кристалланиш даражасини ошириш;
2. Молекулалар устки тузилмалар хусусиятини ва совутиш режимини ўзгариши;
3. Оксидловчи ва термик деструкция ҳамда тузилиши.

Поликапроамидкристалланувчи полимер ҳисобланади. Шунинг учун кристалланиш даражасининг ўзгариши мустаҳкамлик хусусиятларининг ўзгаришига олиб келиши мумкин. Бироқ, юқорида қайд этилганидек, фақат юқори ҳароратларда (573 К) узоқ вақт қолишгина гетероген кристалланиш марказларининг парчаланишига олиб келади. Қоплама шаклланишининг ҳарорати гетероген кристалланиш марказларининг парчаланиш ҳароратига етса-да, полимернинг суяқланмада бўлишининг умумий давомийлиги 10 дақиқадан ошмайди. Шунинг учун МДҚХ ўзгариши билан мустаҳкамлик

хоссаларини оширишда кристалланишининг ўзгариши доминант омил бўлмаслиги керак. МДҚХ дан микроқаттиқлик аниқланган плёнкаларда олиб борилган рентген структур тадқиқотлар ўрганилган температуралар ичида кристалланиш даражасининг (Р, %) сезиларли ўзгариши аниқланмаганлиги ҳақиқат эканлигини кўрсатади.

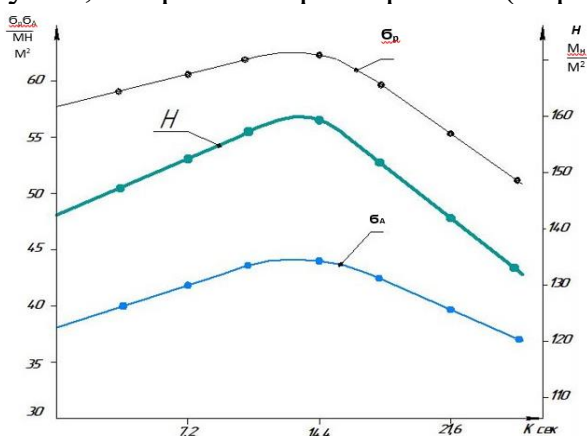


1 – пўлат 45; 2-оқ чўян; 3-юқори мустаҳкамликка эга чўян; 4-эгилувчан чўян; 5-кулранг чўян

**3 - расм. Турли металл қатламлар учун МДҚХ га АБЮнинг боғлиқлиги**

Когезион мустаҳкамлигини тадқиқ қилиш учун намуналар ва АБЮ аввалги бобда тавсифланган усул бўйича олинган, ёпиштирилгандан сўнг улар хона ҳароратига қадар совутилган ва кейин таянч бурчакли термошкафга жойлаштирилган. Термошкафдаги ҳарорат доимий сақланган ва елимлаб қуйиш ҳарорати (МДҚХ) га тенг бўлган. Намуналарни ҳар хил вақтда ушлаб тургандан сўнг термошкафдан олиниб, ҳавода совутилиб, сўнгра синов учун тайёрланилди. Намуналарни печдан олиб, синовдан ўтказиш пайтигача кетган вақт 65-70 сонияни ташкил этди.

Тажриба натижалари шуни кўрсатадики, МДҚХ га қопламалар хоссаларининг боғлиқлиги каби узилишдаги мустаҳкамлик, микроқаттиқлик ва АБЮнинг ҳосил бўлиш ҳароратининг таъсир қилиш давомийлигига боғлиқлиги ўхшаш бўлиб, экстремал характерга эга (4 -расм).



**4 - расм. Поликапроамид қопламаларининг узилишдаги мустаҳкамлиги ( $\sigma_p$ ), микроқаттиқлиги (H) ва АБЮнинг температура таъсири давомийлигига боғлиқлиги (МДҚХ 525 К)**

1-жадвалда поликапроамиднинг келтирилган тўлдирувчилар билан адгезион боғларининг мустаҳкамлигини тадқиқот қилиш натижалари келтирилган.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, поликапроамидни алюминий оксиди билан тўлдиришда тўлдирувчи миқдорининг адгезион боғлиқлик хусусияти ҳосил бўлиш муҳити таъсирида ўзгармайди. Бу ҳавода елимлашни шакллантириш давомида адгезиянинг ортиш даражаси ҳавода аргон муҳитидагига нисбатан юқори, деб топилди, лекин максимал қиймати тахминан бир хил бўлиши аниқланилди. Худди шундай натижалар кўрғошин оксиди ва мис оксидлари учун ҳам олинган.

1 - жадвал

**Турли муҳитларда пўлатга тўлдирилган поликапроамиднинг АБЮ боғлиқлиги** (МДҚХ 575 К, махражда ва суръатда, ҳосил бўлиш муҳити, мос равишда, ҳаво ва аргон)

Композицион материалнинг тўлдирувчилари, %	0	10	20	30	40	50	60
ПКА+алюминий оксиди	40/46	50/52	58/57	60/61	48/58	40/52	36/48
ПКА+кўрғошин оксиди	39/45	43/47	48/50	51/51	47/49	43/47	42/45
ПКА+миснинг (I) оксиди (Cu <sub>2</sub> O)	41/46	47/48	49/51	57/55	55/55	37/51	27/39
ПКА+мис(II) оксиди	40/46	43/17	46/17	49/38	52/53	40/48	38/48

Ҳавода қоламалар ҳосил қилиш вақтида мис оксиди билан тўлдирилган поликапроамид АБЮнинг кескин камайиши тўлдирувчи томонидан бошланган оксидланиш интенсификацияланиш билан боғлиқ деб тахмин қилиш мумкин. Қуйи молекуляр оғирликдаги моддаларни (масалан, иссиқлик стабилизаторини) киритиш ва поликапроамидда термик оксидланиш натижасида қўшимча эркин радикалларнинг пайдо бўлиши ёпишқоқликнинг пасайишига олиб келиши керак, чунки поликапроамид кутбли полимердир.

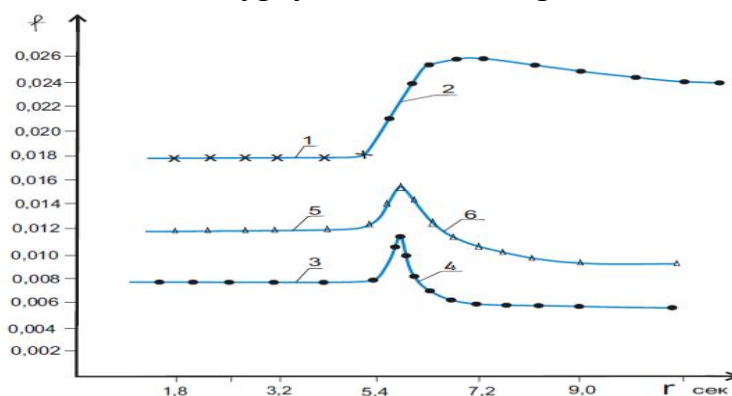
Мис оксидини 5-20 %гача миқдорида поликапроамидга киритилганда, тўлдирувчи ташаббуси билан полимернинг оксидланиши содир бўлади, адгезияси эса камаяди, тўлдирувчи миқдорининг кейинчалик янада ортиши, оксидланиш маҳсулотларининг бир қисмини адсорбцияланиши ҳисобига адгезиянинг ортишига олиб келади, бунда маҳсулотларнинг маълум бир қисми полимернинг структураланишига сарфланади. Акс ҳолда, яъни, агар тўлдирувчилар полимер суюқланмасининг термооксидланишига имкон берганида ва қуйи молекуляр оғирликга эга бўлган маҳсулотлари адсорбция қилиш қобилиятига эга бўлмаганида эди, адгезион боғланиш чегараларига кириб, АБЮ камайтирар эди, шунинг учун, мис оксиди билан тўлдирилган поликапроамиднинг адгезиясининг монотон бўлмаган ҳолда ўзгариши, тўлдирувчининг адсорбцион қобилияти ва оксидланиш катализи билан боғлиқ.

Диссертациянинг тўртинчи бобида “Тўлдирувчилар билан модификацияланган металлополимер композицион материалларнинг физик-механик ва антифрикцион-ейилишбардошлик хусусиятларини тадқиқ қилиш ва машиналар ва механизмлар учун триботехник мақсадлардаги қопламаларни ишлаб чиқиш”, полимер қопламада тўлдирувчи ролини ўрганиш ва таҳлил қилиш ҳамда машинасозлик материалларининг хусусиятларини энг самарали амалга оширадиган ишқаланиш юзаларини яратиш усулларини излаш натижалари келтирилган. Ушбу мақсад билан материалга юқори антифрикцион характеристикаларни беришда тўлдирувчининг роли, ишқаланиш вақтида танлаб узатиш режимини амалга ошириш шартлари ўрганилди.

Тўлдирилган полимер қопламанинг пўлат сиртига глицеринли муҳитда ишқаланиш ҳолатида атом узатилишининг таъсирини амалга ошириш имконияти ўрганилди. Полимер қопламалар мис оксиди, кўрғошин ва кўрғошин оксиди билан тўлдирилган.

Экспериментал натижалар кўриб чиқилган ҳолларда мис сирт плёнкаси ҳосил бўлиш имкониятини тасдиқлади. Кўрғошин ёки кўрғошин оксиди билан тўлдирилган поликапроамид қопламанинг глицерин ёки тўлдирилган муҳитда ишқаланишида, аномал юқори ейилишбардошлилиги ва паст ишқаланиш коэффициенти кузатилди.

5-расмда кўриб чиқилаётган ҳолларда танлаб узатиш эффе́ктивнинг амалга оширилишини тасдиқловчи экспериментал маълумотлар келтирилган. I – Соҳа доимий юкланишда турғун ишқаланиш режимига мос келади.



1,2,5, 6-мис оксиди; 8, 4 - кўрғошин оксиди; 1,2- МС – 20 мойидаги ишқаланиш; 3,4,5,6-глицериндаги ишқаланишлар (1,3,5-барқарор ҳолдаги ишқаланишлар,  $\dot{\gamma}=0,75$   $\text{Ў/сек}$ ;  $P_{\text{сол.}}=14\text{мн/м}^2$ ; 2,4,6- ташқи юкнинг бирдан қўлланилишидан кейинги ишқаланишлар,  $\dot{\gamma}=0,75$   $\text{м/сек}$ ,  $P_{\text{сол.}}=22\text{мн/м}^2$ ;) )

### 5 - расм. Қўшимча солиштирма босимнинг қўлланилишида тўлдирилган поликапроамид ишқаланиш коэффицентининг вақт бўйича ўзгариши

Барча кузатилган ҳолатларда ташқи юкни тўсатдан қўллаш билан ишқаланиш коэффициенти кескин равишда ошади (Iсоҳаси) ва кейинчалик барқарор ҳолат режими тикланади (IIIсоҳаси). Барқарор ҳолатни тиклаш жараёни турли муҳитлар учун турлича бўлади. Шундай қилиб, селектив узатиш учун нисбатан кичик тўсатдан қўйилган юклар сезилмайди ва катта



тўсатдан қўйилган юклар билан барқарор ҳолатда ишқаланиш жуда тез ўрнатилади.

Танлаб ўтказишнинг барча ҳолатларида бир-бири билан ишқаланадиган юзаларда олтингугурт-винтли плёнка ҳосил бўлиши кўрсатилган. Шунинг ҳам таъкидлаш керакки, тадқиқот натижалари сирт юзасининг тозалиги ва қаттиқлиги муҳим роль ўйнашини тасдиқлайди.

Роликли юзанинг юқори тозалик даражаси вақатта қаттиқлигида танлаб узатиш режими энг тез ўрнатилади (2-жадвал).

2-жадвал

**Роликнинг қаттиқлигига қараб танлаб узатиш режими ўрнатилгандан кейинги вақт (( $T=525\text{ K}$ ,  $V=0,75\text{ м/с}$ ,  $R_{\text{сол}}=22\text{ МПа}$ )**

Пўлат 45 дан тайёрланилган пўлат роликга иссиқлик билан ишлов бериш		Танлаб узатиш режимининг ўрнатилган вақти, сек		
Иссиқлик билан ишлов бериш тури	НРС	ПКА+ 30% миснинг чала оксиди	ПКА +30% кўрғошин оксиди	ПКА+20% кўрғошин
Юмшатиш $T=1000\text{K}$	22	1,8	1,6	1,5
Сувда тоблаш $T=1000\text{K}$				
Бўшатиш $T=750\text{K}$	34	1,6	1,4	1,5
Сувда тоблаш $T=1000\text{K}$				
Бўшатиш $T=475\text{K}$	47	И	1,2	1,2

Металл зарралар билан тўлган поликапроамид қопламани катта бўлмаган босим остида ишқаланиш пайтида, пўлат буюмлар юзаси интенсив ейилиши содир бўлади. Муайян шароитларда ейилиш интенсивлиги юқори бўлади.

Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, полимер қопламини бутунлай тўлдириш билан, яъни металл зарралари билан тўлдиришнинг оммавий улуши билан, қопламаларнинг механик хусусиятларини максимал даражада яхшилаш кузатилганда, иккита жараён ўзини намоён қилади: ролик пўлат юзасининг ейилиши ва дағаллик синфининг интенсив ўсиши.

Тўлдирувчи зарраларини ейилиш жараёнининг дастлабки босқичида пўлат ролик сирт юзасининг микро-кесилиши амалга оширилади. Бу ҳолда, ишқаланиш жараёнида полимернинг юпқа сирт юза қатламларини оқишини кийинлаштириб, тўлдирувчи зарралари орасида едирилиши, яъни, ўз-ўзини мустаҳкамлаш содир бўлади.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида триботехник мақсадларда қўлланиладаган қопламалар ва машиналар ва механизмлар учун металл-полимер композицион сирпаниш подшипникларини айёрлашнинг янги усули ишлаб чиқилди.

**“Яратилган антифрикцион-ейилишбардошли композицион термопластик полимер материаллар ва қопламаларни олиш технологиялари, тажриба-ишлаб чиқариш синовлари ва уларнинг самарадорлиги”** деб номланган диссертациясининг бешинчи бобида

яратилган антифрикцион-ейилишбардошли композицион термопластик полимер материаллар ва қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш, тажриба-ишлаб чиқариш синовлари ҳамда металлополимер қопламалар ва композицион материаллардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Металлополимер композицион материаллардан тайёрланган сирпаниш подшипникларнинг ишлаш қобилияти ва самарадорлигини ўрганиш бўйича олинган натижаларни амалий баҳолаш мақсадида Пискент пахта тозалаш заводида 5ЛП маркали линтерни кўтарувчи барабанлари ва таъминловчи валиклариди ишлаб чиқариш синовлари ўтказилди.

Олиб борилган текширишлар шуни кўрсатдики, металлополимер асосидаги сирпанувчи подшипниклар 5ЛП линтернинг ишчи органларида бир ой ичида диаметри 0,1 мм дан ортиқ бўлмаган едирилишсиз ишлаган.

Шу билан бирга, ишқаланиш соҳасидаги тезлик 1,0 м/с дан ошмади ва 5ЛП маркали таъминловчи линтерда у 0,065 м/с ни ташкил этди. Уруғли шнекни ишқаланиш тугунида тезлик 0,3 м/с га яқин қийматни ташкил этди. 5ЛП маркали таъминловчи линтерни биттатаянчидагисолиштирма юк 0,45 МПа ва уруғли шнекни битта таянчида эса 0,18 МПа га яқин қийматни ташкил этди.

Пахта момиғининг чигит пармасини ишқаланиш тугунига тушиб қолиши ҳеч қандай асоратларни келтириб чиқармади, чунки момиқ айланувчи подшипникдан фарқли равишда сирпанишда ишқаланиш жараёнига кам таъсир кўрсатади. Натижада пайдо бўлган кичик бўшлиқ ишчи органнинг тебраниши ва натижада унинг синиши билан бирга кузатилмайди.

Олинган натижалар асосида пахта тозалаш заводи машиналари ва меҳанизмларида синовдан ўтган композицион металл-полимер материаллар ва улар асосидаги сирпанувчи подшипниклар ишлаб чиқариш корхоналарининг стандарти ва тажриба-технологик регламентлари ишлаб чиқилган ва расмийлаштирилган. Пискент пахта тозалаш заводида тозалаш цехи машиналари ва меҳанизмлари ишчи органларининг жин линтер ишқаланиш агрегатларини сирпаниш подшипникларида ишлаб чиқилган композицион металл-полимер материалларни жорий этишда кутилаётган иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш йилига 66 млн. сўмни ташкил этиши аниқланди.

## ХУЛОСА

1.Машинасозлик мақсадларида термопластик полимерлар ва органоминарал дисперс тўлдирувчилар асосида юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган ишқаланишга қарши антифрикцион композицион полимер материаллар ва қопламаларни яратиш учун илмий асосланган ёндашув ишлаб чиқилди.

2. Полипроамид полимери асосида қаттиқ тўлдирувчилардан фойдаланиб, полимер асосли композициянинг оптимал таркиби ишлаб чиқилди.

3. Қопловчи полимерларнинг физик-механик хоссалари асосан қатлам ҳароратидаги технологик омилларга, уларнинг таъсир қилиш муддатига ва полимер термик оксидланиш шароитларига, металлополимер материалларнинг ҳосил бўлишига, тури ва хоссаларига боғлиқлиги аниқланди.

4. Полипроамид қопламаларининг адгезияси ва механик хоссаларидаги ўзгаришларнинг бир хил характери иссиқлик таъсирида эскиришининг маълум бир босқичини амалга ошириш билан боғлиқлиги асосланди.

5. Полипроамид полимери асосида қаттиқ тўлдирувчилардан фойдаланиб, полимер асосли композиция қопламасини олиш технологияси ишлаб чиқилди.

6. Пахта тозалаш заводларининг оғир иш шароитларида ва чанг миқдори юқори бўлган асбоб-ускуналар мажмуаси ишчи органлари учун ишқаланишга қарши композицион металлополимер материаллардан сирпаниш подшипниклари тайёрлашнинг оптимал технологик режимлари тавсия этилди.

7. Композицион металлополимер материаллардан тайёрланган сирпаниш подшипникларини Пискент пахта тозалаш заводи машина ва механизмларининг ишқаланиш тугунларидаги ишчи органларида қўллаш тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ТАШКЕНТСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**АБДУЛЛАЕВ ОТАБЕК ХУСЕНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА АНТИФРИКЦИОННО-ИЗНОСОСТОЙКИХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ  
НИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**02.00.07 – Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых  
материалов**

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

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

**Ташкент – 2022**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2021.4.PhD/T2440.

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

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

**Научные руководители:**

**Негматов Сайибжан Садикович**

доктор технических наук, профессор, академик АН  
Республики Узбекистан

**Каршиев Мамарайим**

кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Рискулов Алимжон Ахмаджанович**

доктор технических наук, профессор

**Улмасов Тулкин Усмонович**

доктор технических наук

**Ведущая организация:**

**Андижанский машиностроительный институт**

Защита диссертации состоится «16» февраля 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: [gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz), на здание «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером №34). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «31» января 2022 года.  
(протокол реестра № 34-21 от 15 декабря 2021 г.).



**А.В. Умаров**

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

**М.Э. Икрамова**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., с.н.с.

**А.М. Эминов**

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 последние годы в мире повышенный интерес представляет разработка и повышение работоспособности и долговечности новых высокоэффективных металлополимерных материалов, применяемых в узлах трения машин и механизмов. Исследования показывают, что структура и свойства поверхностных слоев таких материалов оказывают существенное влияние на их работоспособность и долговечность. Применение антифрикционно-износостойких композиционных термопластических полимерных материалов и технология получения покрытий из них в машиностроении имеет особое значение.

В мировом масштабе проводятся исследования по разработке антифрикционно-износостойких композиционных термопластических полимерных материалов и технологии получения покрытий из них машиностроительного назначения. В связи с этим особое внимание уделяется разработке антифрикционно-износостойких композиционных термопластических и термореактивных полимерных материалов с целью изготовления металлополимерных подшипников скольжения для рабочих органов машин и механизмов и совершенствования технологии получения металлополимерных покрытий.

На сегодняшний день в Республике Узбекистан проводятся определенные работы по разработке металлополимерных антифрикционных и покрытий, используемых в подшипниковых узлах и других деталях машин. В пункте четыре четвертого направления Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан сформулированы задачи, в частности «...эффективные механизмы стимулирования научно-исследовательской и инновационной деятельности, применения научных и инновационных разработок...»<sup>2</sup>. В этом аспекте разработка эффективных составов антифрикционно-износостойких металлополимерных материалов и покрытий на их основе, совершенствование технологии получения металлополимерных подшипников скольжения является актуальной проблемой.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 04 марта 2015 г. №УП-4707 «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019гг.», от 7 февраля 2017 г. №УП-4947 «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития экономики Узбекистан в 2017-2021 годы» и постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №ПП-832 от 7 апреля 2008 года «О программе модернизации и реконструкции предприятий хлопкоочистительной промышленности на 2007-2011 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике по разработке новых композиционных полимерных материалов (КПМ) внесли определенный вклад такие известные ученые, как А. Hayashi, S. Hulemand, R. Morgen, A. D'Amore, D. Jully, G. Akovali, Н.С. Ениколопов, С.Н. Журков, В.В. Коршак, С.А. Вольфсон, А.А. Берлин, М.С. Акутин, Ю.С. Липатов, Э.Ф. Олейник, Ф. Мэттьюз, Г.С. Головкин, М.А. Аскарлов, С.Ш. Рашидова, А.Х. Юсупбеков, А.С. Ибодуллаев, а разработке технологии получения покрытий из них посвящены работы В. Arkes, R. Goudhue, А.А. Askadski , В.А. Белого, А.Д. Яковлева, В.Г. Савкина, А.В. Струк, В.П. Соломко, Р.Г. Махкамова, С.С. Негматова, А.А. Рыскулова, Г. Гулямова, Н.С. Абед и многих других.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что вопросы повышения работоспособности и эффективности металлополимерных материалов и покрытий, применяемых в узлах трения машин и механизмов с высокими комплексами антифрикционными свойствами, не нашли своего полного решения. Это связано со сложностями, связанными с комплексным изучением физико-механических, триботехнических свойств композиционных полимерных материалов и покрытий из них, работающих при контактном взаимодействии с металлическими и другими деталями машин и отсутствием оригинальных технологий их получения. Решению этих проблем и посвящена настоящая работа.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими планами работ научно-исследовательского учреждения, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова по теме: №ППИ 12-45–«Разработка эффективной технологии получения антифрикционно-износостойких композиционных материалов на основе термопластичных полимеров и неорганических наполнителей и изготовление деталей из них для рабочих органов машин хлопкоперерабатывающего комплекса» (2012-2014гг.); №ППИ-А-12-95. «Разработка технологии получения антифрикционно-износостойких нанокмполитов на основе кристаллизующиеся полимеров, взаимодействующих с волокнистой массой (хлопком-сырцом)» (2015-2017 гг.).

**Целью исследования** является разработка антифрикционно-износостойких композиционных термопластичных полимерных материалов и технология получения покрытий из них машиностроительного назначения.

**Задачи исследования:**

обоснование выбора объектов исследования из числа термопластических полимеров и органоминеральных наполнителей для получения металлополимерных материалов и покрытий на их основе;

исследование и установление закономерности взаимосвязи между величиной механической прочности адгезионного соединения и структурной составляющей поверхности подложки (металла);

разработка оптимальных составов металлополимерных материалов для создания антифрикционных металлополимерных покрытий триботехнического назначения;

определение оптимальных технологических параметров формирования модифицированных металлополимерных материалов (среда, температура, продолжительность, условия старения, влияние наполнителей);

определение эффективности применения модифицированных металлополимерных материалов узлах трения, наиболее полно реализующих эксплуатационные характеристики материала;

проведение опытно-промышленных испытаний подшипников скольжения обоймы которых изготовлены на основе металлополимерных материалов из местного вторичного сырья в хлопкоочистительных машинах и механизмов, а также расчет технико-экономической эффективности от их применения в их узлах трения.

**Объектом исследования** являются порошкообразные термопластичные полимеры: поликапроамид, пентапласт, полиэтилен, сталь 45, машиностроительные чугуны, различные металлы и их сплавы в виде фольги, платин и прутков, неазон Д.

**Предметом исследования** является с единых научных позиций исследование и установление общих закономерностей процесса трения и износа металлополимерных антифрикционных покрытий, используемых в подшипниковых узлах деталей машин и механизмов.

**Методы исследования.** В диссертационной работе были использованы рентгеноструктурный анализ, микроскоп МИМ-8, дериватограф ОД-102, дифрактометр-УРС-50 ИМ и другие методы химического анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

выявлены антифрикционно-износостойкие свойства наполненных термопластичных полимеров;

определено влияние технологических параметров на свойства получаемых металлополимерных покрытий;

разработан оптимальный состав металлополимерных материалов для создания антифрикционных металлополимерных покрытий;

в результате взаимодействия антифрикционного композиционного полимерного покрытия установлено, что структура материала, его эффективность зависят от вида наполнителя и степени наполнения антифрикционного композиционного полимерного покрытия;

экспериментально обоснована эффективность работы оборудования в результате применения металлополимерных композиционных материалов в подшипниках скольжения.



**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:  
разработаны оптимальные составы композиции на основе термопластичных полимеров и органоминеральных наполнителей для получения антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов с высокими физико-механическими свойствами;

определена возможность создания нового вида подшипников скольжения с покрытием с использованием разработанных антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов;

на основе научно-обоснованного подхода с выбранными полимерными связующими и органоминеральными наполнителями разработана технология получения антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе с высокими триботехническими характеристиками.

**Достоверность полученных результатов** обоснована совокупностью использованных физико-химических (рентгеноструктурного, химического и электронно-микроскопического анализов), а также физико-механических методов исследований. Результаты исследования обработаны математико-статистическим методом.

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

Научная значимость полученных результатов исследования заключается в том, что путем установления закономерности зависимости трения металлополимерных материалов и покрытий с металлическими контртелами от вида и содержания полимеров и органоминеральных наполнителей и технологических факторов разработаны эффективные металлополимерные материалы и покрытия антифрикционного назначения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании металлополимерных материалов с высокими физико-механическими характеристиками и показана возможность создания нового подшипника скольжения на основе металлополимерного материала для трущихся пар рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, а также внедрения их в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных научных исследований по разработке антифрикционно-износостойких композиционных термопластичных полимерных материалов и технологии получения покрытий из них машиностроительного назначения получены следующие результаты:

конструкции подшипников скольжения на основе композиционных металлополимерных материалов из антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов внедрены на Пискентском хлопкоочистительном заводе (справка №02-11/515 «ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ» от 19 ноября 2021 г.). В результате, появилась возможность увеличить гибкость рабочих органов машин и механизмов в 1,5-1,8 раза, эффективность и работоспособность машин на 7-15%;

подшипники скольжения на основе антифрикционно-износостойких композиционных металлополимерных материалов в рабочих органах винтовых конвейеров, полученные новым способом, внедрены в линтере подачи Пискентского хлопкоочистительного завода (справка №02-11/515 «ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ» от 19 ноября 2021 г.). В результате, появилась возможность сократить мощность линтера, используемого в Пискентском хлопкоочистительном заводе, на 7-8% и увеличить долговечность оборудования и приборов предприятий.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований апробированы на 5 международных и 1 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 14 научных трудов, в том числе 8 научных статей, в журналах, рекомендованных для опубликования основных научных результатов докторской диссертации при Высшей Аттестационной Комиссии Республики Узбекистан, а именно 6 из них опубликованы в республике и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 103 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературных источников и приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

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

В первой главе диссертации **«Современное состояние и анализ технологии получения антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе»** приведен анализ современных литературных источников о состоянии и применении разработанных в последние годы множества различных антифрикционно-износостойких металлополимерных материалов и покрытий из них машиностроительного назначения и сформулированы требования, предъявляемые к созданию эффективных составов и технологии получения металлополимерных композиционных полимерных материалов (МПКМ) и покрытий на их основе с высокими антифрикционными, а также другими физико-механическими свойствами.

Из обзора установлено, что при разработке антифрикционных композиционных металлополимерных материалов и покрытий из них,

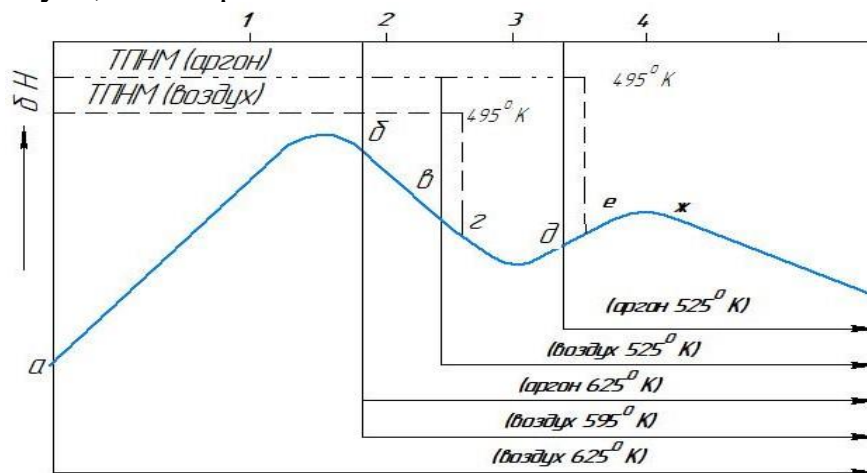
эксплуатирующихся в условиях трения, недостаточно рассматриваются влияния природы, вида, содержания и соотношения органоминеральных наполнителей, вводимых в состав композиции, а также отсутствие научно-обоснованных подходов к созданию их эффективных составов и технологии получения. Данная диссертационная работа посвящена решению этих задач, что и определило цель настоящей диссертационной работы.

Во второй главедиссертации **«Выбор и обоснование объекта и методики исследования физико-механических и триботехнических свойств композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе»** изложен и обоснован выбор объектов, описаны методики получения композиционных металлополимерных материалов и покрытий на их основе, а также методика изучения триботехнических и физико-механических свойств композиционных металлополимерных материалов и покрытий из них. Рассмотрена методика статистической обработки результатов исследований триботехнических и физико-механических показателей композиционных металлополимерных материалов.

В третьей главе диссертации **«Исследование технологических параметров формирования металлополимерных соединений и покрытий»** приведены экспериментальные данные по исследованию основных технологических параметров формирования металлополимерных материалов, температуры формирования адгезионных соединений, длительности ее действия, среды формирования, влияния термостабилизаторов и твердых наполнителей, а также результат исследований свойств поликапроамид и структурных составляющих поверхностного слоя металла в процессе формирования адгезионных соединений. Показано, что на прочность адгезионных соединений, физико-механических свойств покрытий, в формируемых металлах решающее влияние оказывает температурно-временной режим формирования (температура предварительного нагрева металла-подложки, время ее действия).

Для экспериментального выяснения характера температурно-временной зависимости прочности адгезионного соединения были проведены исследования термоокислительных процессов при формировании поликампроамидных покрытий. Для изменения степени термоокисления использованы различные среды (аргон, воздух), а также термостабилизатор неозон Д. Полученные экспериментальные данные и их анализ показывают, что характер зависимости адгезии и микротвердости покрытий, полученных в аргоне и воздухе, от содержания термостабилизатора одинаков, но график зависимости для покрытий, полученных в среде воздуха смещен в область более высоких концентраций термостабилизатора. Первое обстоятельство свидетельствует о единстве процессов, определяющих изменение свойств покрытий в обоих случаях, второе обстоятельство обуславливает несовпадение характера изменения адгезии и микротвердости при введении одинакового количества термостабилизатора для покрытия, полученных при одинаковой температуре формирования в аргоне и воздухе.

На основании проверенных исследований для практического использования в технологии формирования металлополимерных композиционных материалов на основе поликапроамида предложен график-номограмма (рис. 1), позволяющей предсказать характер зависимости адгезии и микротвердости от содержания в поликапроамиде термостабилизатора для покрытий, полученных в среде воздуха при любых температурах формирования, имеющих 625 К, а для покрытий, полученные в среде аргона, в более широком интервале температур формирования, включающем температуры выше 625 К. Кроме того, используя график-номограмму, можно предсказать зависимость характера адгезии и микротвердости от температуры формирования для покрытий, полученных как в среде воздуха, так и аргона.



**Рис.1. График-номограмма зависимости адгезии к стали и микротвердости поликапроамидных покрытий, полученных в среде аргона и воздуха от ТПНМ и процентного содержания термостабилизатора**

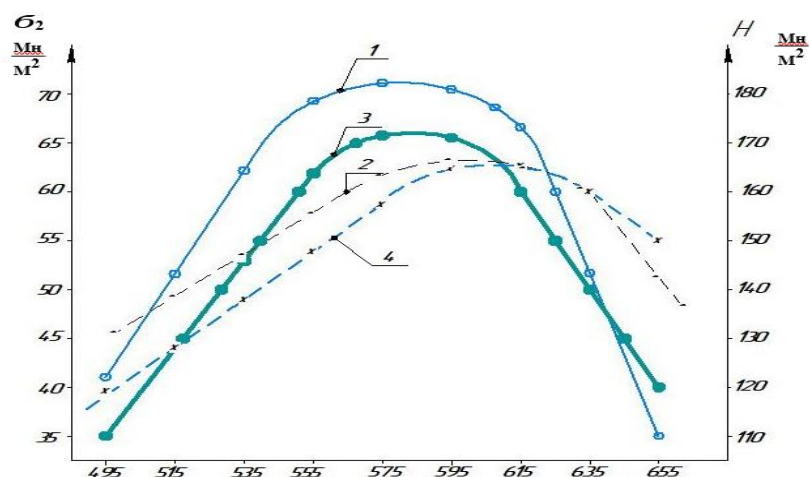
Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что адгезия и микротвердость поликапроамидных покрытий при термоокислении полимера изменяются немонотонно, а их зависимость от степени термоокисления полимера характеризуется кривой, состоящей из последовательно расположенного минимума, соответствующего участка (д,г,в) и максимуму, соответствующего участка (в,б,а), кривой (а,б, в,г,д) (рис.1). Участок (г,д), соответствующий большим процентам содержания в полимере термостабилизатора, не имеет отношения к термоокислительным процессам, так как термостабилизатор является низкомолекулярным веществом, то при введении его в большом количестве в полимер естественно ожидать снижение прочности адгезионного соединения. Точка (г) соответствует состоянию неокисленного полимера. При увеличении окисления полимера, обусловленного технологией получения покрытий, адгезия и микротвердость изменяются в соответствии с кривой (д,г,в,б,а). Такой характер зависимости адгезии и микротвердости от степени окисления можно объяснить различием в скоростях процессов деструкции и структурирования макромолекул на различных стадиях термического и термоокислительного старения.

Таким образом, на первой стадии термического и термоокислительного старения поликапроамида преобладает деструкция, на второй-структурирование и на третьей (когда наступает глубокое разложение полимера) - деструкция. Так как деструкция полимера способствует уменьшению, а структурирование-увеличению прочности и микротвердости, первая и вторая стадии старения поликапроамида в этом случае обуславливаются наличием минимума, вторая и третья-максимума на графике зависимости микротвердости от степени окисления поликапроамида. Следует заметить, что максимум может быть обусловлен и только второй стадией, а характер изменения микротвердости коррелирует с характером изменения прочности.

Результаты исследований типа разрушения адгезионных соединений дополнительно показали, что корреляция адгезионных и когезионных свойств поликапроамида наблюдается не только при изменении степени термоокисления, но и при введении наполнителей.

Причины изменения адгезии полимера к твердой поверхности при наполнении в настоящее время недостаточно изучены. Как показывают результаты исследования изменение адгезии при наполнении, по видимому, обусловлено влиянием наполнителя на процесс термоокисления покрытий из полимера. Для полиэтилена некоторыми исследователями было показано, что твердые наполнители могут ускорить (катализ) или подавлять (ингибирование) термоокисление. Если наполнитель инертен в отношении термоокисления связующего, то прочность адгезионного соединения при формировании покрытий из наполненного полимерного расплава, главным образом, зависит от механических характеристик наполнителя.

На рис. 2 приведены экспериментальные кривые изменения разрывной прочности и микротвердости поликапроамидных покрытий. Как видно из этого рисунка, зависимость имеет экстремальный характер с максимумом, соответствующим ТПНМ (590-600)К. Порошкообразный поликапроамид, полученный методом химического переосаждения гранул в растворе  $\gamma$ -капролактама с последующим переосаждением в воде, сохраняя характер кривой прочности на разрыв и твердости от ТПНМ (рис.2, кривые 1, 3) имеет несколько более высокую характеристику, чем порошкообразный поликапроамид, полученный методом механического измельчения гранул с глубоким охлаждением в жидком азоте (рис.2, кривые 2, 4).

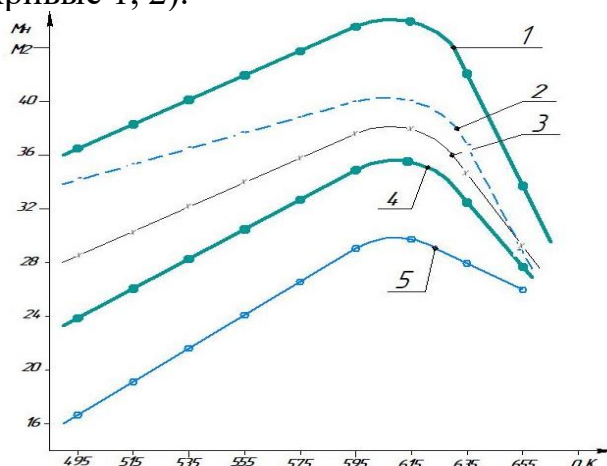


1-2 - порошок получен путем химического пересаживания; 3-4 - порошок получен путем механического измельчения гранул

**Рис.2. Зависимость прочности на разрыв (1-3) и микротвердости (2-4) поликапроамидных покрытий от ТПНМ**

Это указывает на то, что при механическом измельчении происходит в некоторой степени деструкция макромолекул полимера. Но, несмотря на незначительное ухудшение прочностных свойств покрытий из механически измельченного порошка, сам метод получения порошка является эффективным и может быть основой промышленного производства порошковых поликапроамидов.

В ходе экспериментов установлено, что характер изменения ПАС аналогичен характеру изменения разрывной прочности и микротвердости, т.е. с повышением температуры формирования (ТПНМ) прочность адгезионного соединения растет, достигает максимума при ТПНМ 590- 610К, а затем падает (рис.3 кривые 1, 2).



1 - сталь 45; 2 - белый чугун; 3 - высокопрочный чугун; 4 - ковкий чугун; 5 - серый чугун

**Рис.3. Зависимость ПАС от ТПНМ для различных металлических подложек**

Увеличение прочностных свойств покрытий с повышением ТПНМ может быть связано со следующими причинами:

1. Увеличением степени кристалличности полимера;

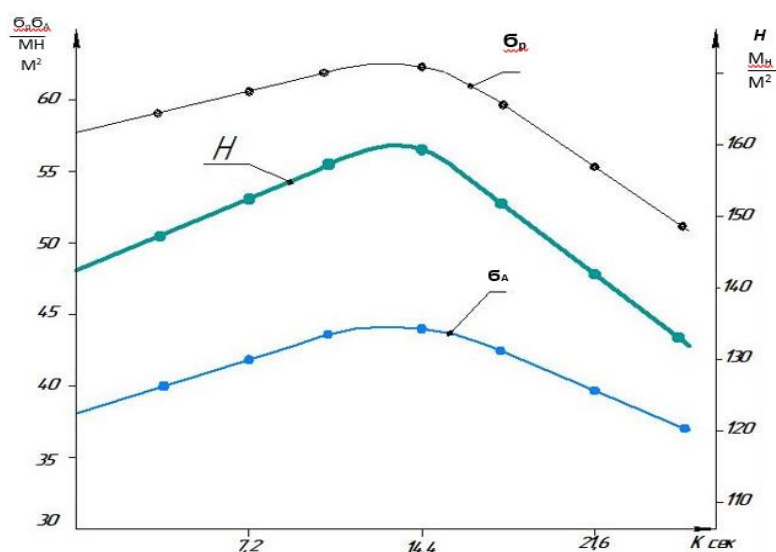
2. Изменением характера надмолекулярных структур и режимом охлаждения;

3. Окислительной и термической деструкцией, а также структурированием.

Поликапроамид является кристаллизующим полимером. Поэтому изменение степени кристалличности может привести к изменению прочностных характеристик. Однако, как отмечалось выше, только при длительном пребывании при высоких температурах (573К) приводит к разрушению гетерогенных центров кристаллизации. Хотя температура формирования покрытий достигает температуры разрушения гетерогенных центров кристаллизации, однако общая продолжительность нахождения полимера в расплаве составляет не более 10 мин. Поэтому, в увеличении прочностных свойств с изменением ТПНМ, изменение кристалличности не должно быть доминирующим фактором. Проведенные рентгеноструктурные исследования на тех же пленках, на которых определялась микротвердость от ТПНМ, показывают справедливость рассуждения, т.е. в пределах исследуемых температур существенное изменение степени кристалличности (Р %) не обнаруживается.

Для исследования когезионной прочности образцы и ПАС получены по методике, описанной в предыдущей главе, после склейки охлаждали до комнатной температуры, а затем с подставными уголками помещали в термошкаф. Температура в термошкафе поддерживалась постоянной и была равна температуре формования склейки (ТПНМ). После выдержки образцов в различное время, они вынимались из термошкафа, охлаждались на воздухе, а затем их подготавливали к испытанию. С момента снятия образцов из печи до момента испытания время составляло 65-70 сек.

Результаты экспериментов показывают, что зависимость прочности на разрыв, микротвердости и ПАС от длительности действия температуры формирования аналогичны и имеют экстремальный характер, как и в случае зависимости свойств покрытий от ТПНМ (рис.4).



**Рис.4. Зависимость прочности на разрыв ( $\sigma_p$ ), микротвердости (Н) и ПАС поликапроамидных покрытий от длительности действия температуры (ТПНМ 525К)**

В таблице 1 приведены результаты исследования прочности адгезионных связей поликапроамида указанными наполнителями.

Результаты исследований показывают, что в случае наполнения поликапроамида окисью алюминия характер зависимости адгезии от содержания наполнителя не меняется под действием среды формирования. Установлено, что степень увеличения адгезии при формировании склейки на воздухе выше, чем в среде аргона, однако максимально достижимая величина оказывается примерно одинаковой. Аналогичные результаты были получены и для окиси свинца и закиси меди.

Можно предположить, что резкое уменьшение ПАС наполненного окисью меди поликапроамида при формировании покрытий в воздухе связано с интенсификацией окисления, инициируемой наполнителем. Как и в случае введения низкомолекулярных веществ (например, термостабилизатора), так и появление дополнительных свободных радикалов в поликапроамиде в результате термоокисления, должно приводить к уменьшению адгезии, так как поликапроамид является полярным полимером.

Таблица 1

**ПАС наполненного поликапроамида к стали в различных средах**(ТПНМ 575К, в знаменателе и числителе среда формирования, соответственно воздух и аргон)

Наполнитель композиции онного материала, %	0	10	20	30	40	50	60
ПКА+окись алюминия	40/46	50/52	58/57	60/61	48/58	40/52	36/48
ПКА+окись свинца	39/45	43/47	48/50	51/51	47/49	43/47	42/45
ПКА+закись меди	41/46	47/48	49/51	57/55	55/55	37/51	27/39
ПКА+окись меди	40/46	43/17	46/17	49/38	52/53	40/48	38/48

Отметим, что при введении окиси меди в поликапроамид в количестве 5-20 % происходит инициирование наполнителем окисления полимера, адгезия уменьшается, при дальнейшем увеличении содержания наполнителя, адгезия увеличивается за счет адсорбций части продуктов окисления, так как часть продуктов расходуется на структурирование полимера. В противном случае, т.е. если наполнитель способствовал бы термоокислению расплава полимера и не обладал бы способностью адсорбировать низкомолекулярные продукты, проникая на границы адгезионного контакта снижали бы ПАС, следовательно, немонотонные изменения адгезии поликапроамида при наполнений окисью меди, по-видимому, связаны с катализом окисления и адсорбционной способностью наполнителя.

В четвертой главе диссертации «Исследование физико-механических и антифрикционно-износостойких свойств металлополимерных

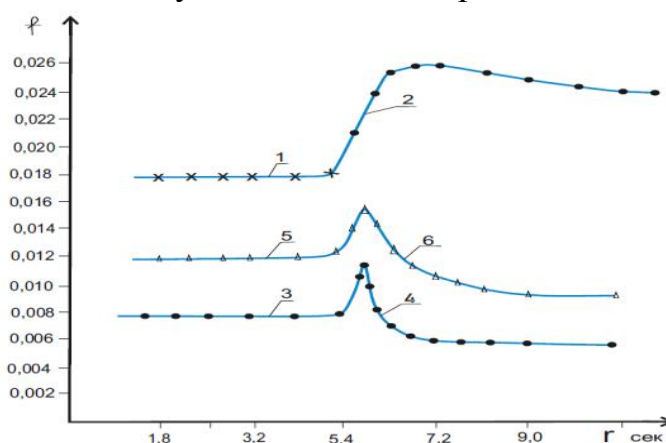


**композиционных материалов и покрытий триботехнического назначения»** приводятся результаты исследования и анализ, роли наполнителя в полимерном покрытии и поиску путей создания поверхностей трения, наиболее эффективно реализующих свойств машиностроительных материалов. С этой целью изучается роль наполнителя в придании материалу высоких антифрикционных характеристик, условия реализации режима избирательного переносе при трении.

Проведены исследования возможности реализации эффекта атомарного переноса в случае трения наполненного полимерного покрытия по стальной поверхности в глицериновой среде. Полимерные покрытия наполнялись окисью меди, свинцом, а также окисью свинца.

Результаты экспериментов подтверждают возможность в рассматриваемых случаях образования поверхностной пленки меди. В случае трения в глицериновой или консистентной средах поликапроамидного покрытия, наполненного свинцом или окисью свинца, также наблюдается аномально высокая износостойкость и низкий коэффициент трения.

На рисунке 5 приведены экспериментальные данные, подтверждающие реализации эффекта избирательного переноса в рассматриваемых случаях. Зона I соответствует стационарному режиму трения при постоянной нагрузке. При внезапном приложении внешней нагрузки во всех наблюдаемых случаях коэффициент трения скачкообразно повышается (зона II) и в дальнейшем происходит восстановление установившегося режима (зона III). Процесс восстановления установившегося режима различен для разных сред. Так для случая избирательного переноса сравнительно малые внезапные нагрузки не чувствительны, а при больших внезапных нагрузках очень быстро устанавливается установившееся трение.



*1,2,5,6 - закись меди; 8,4 - окись свинца; 1,2 - трение в масле МС-20; 3,4,5,6 - трение в глицерине (1,3,5-установившееся трение,  $\bar{v}=0,75$  м/сек;  $P_{уд}=14$  мн/м<sup>2</sup>; 2,4,6 - трение после внезапного приложения нагрузки,  $\bar{v}=0,75$  м/сек,  $P_{уд} = 22$  мн/м<sup>2</sup>)*

**Рис. 5. Изменение коэффициента трения по времени, наполненного поликапроамида при внезапном приложении дополнительного удельного давления**

Показано, что во всех случаях реализации избирательного переноса является формирование серновинтовой пленки на контактирующих

поверхностях. Необходимо также отметить, что результаты исследования подтверждают немаловажную роль твердости и чистоты поверхности контртела. При большой твердости и высоком классе чистоты поверхности ролика режим избирательного переноса устанавливается наиболее быстро (табл.2).

Экспериментально установлено, что при трении наполненного металлическими частичками поликапроамидного покрытия, даже при небольшом контактном давлении происходит интенсивный износ стальной поверхности деталей. При определенных режимах интенсивность износа получается высокой.

Проведенными исследованиями показано, что при критическом наполнении полимерного покрытия, т.е. при массовом проценте их наполнения металлическими частичками, когда наблюдается максимальное улучшение механических свойств покрытий, проявляются два процесса: интенсивное увеличение класса шероховатости и износ стальной поверхности ролика.

Таблица 2

**Время, по истечении которого устанавливается режим избирательного переноса, в зависимости от твердости ролика (T=525 К, V=0,75 м/с, R<sub>уд</sub>=22 МПа)**

Режим термической обработки стального ролика из стали 45		Время установленного режима избирательного переноса, сек		
Вид Термообработки	НРС	ПКА+ 30% закись меди	ПКА +30% окись свинца	ПКА+20% свинца
Отжиг T=1000К	22	1,8	1,6	1,5
Закалка в воде T=1000К				
Отпуск T=750К	34	1,6	1,4	1,5
Закалка в воде T=1000К				
Отпуск T=475К	47	И	1,2	1,2

В начальной стадии процесса изнашивания частицы наполнителя осуществляют микрорезание поверхности стального ролика. При этом продукт износа внедряется между частицами наполнителя, затрудняя течение тонких поверхностных слоев полимера в процессе трения, т.е, происходит своеобразное самоармирование.

В результате проведения исследований был разработан покрытий триботехнического назначения и новый способ изготовления металлополимерных композиционных подшипников скольжения для машин и механизмов.

В пятой главе диссертации «Технология получения антифрикционно-износостойких композиционных термопластических полимерных материалов и покрытий, опытно-производственные испытания и расчет их эффективности» приведены результаты исследований разработки технологии получения созданных антифрикционно-износостойких композиционных термопластических

полимерных материалов и покрытий, опытно-промышленных испытаний и расчет экономической эффективности применения металлополимерных покрытий и композиционных материалов.

С целью практической оценки полученных результатов исследований работоспособности и эффективности подшипников скольжения из металлополимерных композиционных материалов проведены производственные испытания в питающих валиках и разрыхляющих барабанах линтера марки 5ЛП в Пискентском хлопкоочистительном заводе.

Проведённые испытания показали, что подшипники скольжения на металлополимерной основе работали на рабочих органах линтера 5ЛП без каких либо отказов с износом не более 0,1мм на диаметр за один месяц.

При этом скорость в зоне трения не превышала 1,0м/с, а в питателе линтера марки 5ЛП она составляла 0,065м/с. В узле трения семенного шнека скорость составляла около 0,3м/с. Удельная нагрузка на одну опору питателя линтера 5ЛП составляла около 0,45 МПа, а на одну опору семенного шнека около 0,18МПа.

Попадание в узел трения семенного шнека хлопкового пуха не вызвала осложнений, так как на процесс трения скольжения пух влияет незначительно, в отличие от аналогичного подшипника качения. А образующийся небольшой зазор не сопровождается вибрациями рабочего органа и, как следствие его поломками.

На основании полученных результатов разработаны и оформлены опытно-технологический регламент и стандарт предприятий на получение композиционных металлополимерных материалов и подшипников скольжения на их основе которые, апробированы в машинах и механизмах хлопкоочистительных заводов. При расчете экономической эффективности внедрения разработанных композиционных металлополимерных материалов в подшипниках скольжения узлов трения рабочих органов машин и механизмов очистительного и джинна линтерногоцеха на Пискентском хлопкоочистительном заводе 66 млн.сум в год

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1.Разработан научно-обоснованный подход создания антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе с высокими физико-механическими свойствами на основе термопластичных полимеров и органоминеральных дисперсных наполнителей машиностроительного назначения.

2. Разработан оптимальный состав композиции на основе полимера с использованием твердых наполнителей на основе поликапроамидного полимера.

3. Выявлено зависимость свойств, вида и образования физико-механических свойств полимеров покрытия в основном технологическими факторами по нагреву слоя, продолжительности их воздействия и условиям термического окисления полимера, образованию, типу и свойствам

металлополимерных материалов.

4. Обосновано характер изменений адгезионных и механических свойств поликапроамидных покрытий был основан на ассоциации с реализацией определенной стадии старения при термическом воздействии.

5. Разработана технология получения покрытия композиции на полимерной основе, с использованием твердых наполнителей на поликапроамидной полимерной основе.

6. Рекомендованы оптимальные технологические режимы изготовления подшипников скольжения из антифрикционных композиционных металлополимерных материалов для рабочих органов комплекса оборудования хлопкоочистительных заводов, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях и высокой запыленности.

7. Рекомендованы применение подшипников скольжения из композиционных металлополимерных материалов в узлах трения рабочих органов машин и механизмов Пискентского хлопкоочистительного завода.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV  
SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 AT STATE UNITARY ENTERPRISE  
«FAN VA TARAKKIYOT»**

---

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

**ABDULLAEV OTABEK KHUSENOVICH**

**DEVELOPMENT OF ANTIFRICTION-WEAR-RESISTANT  
COMPOSITE THERMOPLASTIC POLYMER MATERIALS AND  
TECHNOLOGY OF OBTAINING COATINGS FROM THEM FOR  
MACHINE PURPOSE**

**02.00.07 - Chemistry and technology of composite, varnish-and-paint and rubber materials  
05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and  
processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals  
(technical sciences)**

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

**Tashkent-2022**

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/T2440.

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

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

**Research supervisors:** **Negmatov Sayibjan Sadikovich**  
doctor of technical sciences, professor, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

**Karshiev Mamarayim**  
candidate of technical sciences, dotsent

**Official opponents:** **Riskulov Alimjon Akhmadjanovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Ulmasov Tulkin Usmonovich**  
doctor of technical sciences

**Leading organization:** **Andijan Machine-Building Institute**

Thesis defense will take place on February 16, 2022 at 14<sup>00</sup> the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73, e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru.

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (is registered under № 34-21). Address. 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73

Abstract of dissertation sent out on January 31, 2022 y.  
(mailing report № 34-21 on «15» December 2021 y.).



**A.V. Umarov**  
Chairman of the scientific council for the awarding of academic degrees, doctor of technical sciences, professor

**M.E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, s.r.a

**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

**The aim of the research work** is to develop antifriction-wear-resistant composite thermoplastic polymer materials and a technology for producing coatings from them for machine-building purposes.

**The object of the research work** are powdery thermoplastic polymers: polycapramide, pentaplast, polyethylene, steel 45, engineering cast irons, various metals and their alloys in the form of foil, platinum and rods, D.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

antifriction-wear-resistant properties of filled thermoplastic polymers were revealed;

the influence of technological parameters on the properties of the resulting metal-polymer coatings was determined;

the optimal composition of metal-polymer materials for the creation of anti-friction metal-polymer coatings has been developed;

as a result of the interaction of the antifriction composite polymer coating, it was found that the structure of the material, its effectiveness depend on the type of filler and the degree of filling of the antifriction composite polymer coating;

experimentally substantiated the efficiency of equipment operation as a result of the use of metal-polymer composite materials in plain bearings.

**Implementation of the research results.** Based on the conducted scientific research on the development of anti-friction-wear-resistant composite thermoplastic polymer materials and the technology for obtaining coatings from them for machine-building purposes, the following results were obtained:

sliding bearing designs based on composite metal-polymer materials from anti-friction-wear-resistant composite polymer materials have been introduced at the Piskent cotton ginning plant (reference No. 02-11/515 «PAKHTASANOAT ILMIY MARKAZI» dated November 19, 2021). As a result, it became possible to increase the flexibility of the working bodies of machines and mechanisms by 1.5-1.8 times, the efficiency of the machines by 7-15%;

sliding bearings based on anti-friction and wear-resistant composite metal-polymer materials in the working bodies of screw conveyors, obtained by a new method, are introduced in the feed linter of the Piskent cotton gin plant (reference No. 02-11/515 «PAKHTASANOAT ILMIY MARKAZI» dated November 19, 2021). As a result, it became possible to reduce the power used in the Piskent cotton gin by 7-8% and increase the durability of equipment and devices of enterprises.

**The structure and scope of the thesis.**

The dissertation work is presented in 103 pages and consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of literary sources and appendices.

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

1.Л.И. Тилавова, С.С. Негматов, Б.Ф. Мухиддинов, И.И. Жураев, О.И. Исроилов, Ш.А. Агзамова, О.Х. Абдуллаев. Исследование термических характеристик композиций на основе отходов полиэтилентерефталата // Композиционные материалы, - Ташкент, 2020, №3, - С. 238-343(02.00.00. №4).

2.С.С.Негматов, М.М.Садыкова, Г.Гулямов, Н.С.Абед, М.М. Машарипова, Ф.М.Наврұзов, О.Х.Эшқобилов, М.Н.Тухташева, О.Х.Абдуллаев.Зависимость коэффициента трения, температуры в зоне трения и температуры стеклования эпоксидных композитов от засоренности и влажности хлопка-сырца// Композиционные материалы, - Ташкент, 2020, №3, - С. 46-49 (02.00.00. №4).

3. С.С. Негматов, О.Ш. Сабирова, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, М.М. Машарипова, Б.Т. Хаминов, М.Э. Туйчиева, Ф.М. Наврұзов, О.Х. Абдуллаев Методы определения внутренних напряжений в полимерах эмалированных и лакокрасочных // Композиционные материалы, - Ташкент, 2021, №1, - С.100-105(02.00.00. №4).

4.С.С.Негматов, Г.Гулямов, Н.С.Абед, О.Х.Эшқобилов, М.Н.Тухташева, Н.Икрамов, Ш.А.Бозорбоев, М.М.Садикова, О.Х.Абдуллаев, Ф.М.Наврұзов.Зависимость коэффициента трения, температуры стеклования эпоксидных композитов от различных технологичных факторов.// Композиционные материалы,- Ташкент, 2020, Специальный выпуск, - С. 38-41. (02.00.00. №4).

5. С.С. Негматов, З.У. Махаммаджонов, О.Х. Абдуллаев, Ф.М. Наврұзов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, М.М. Садикова, М.М. Машарипова, М.Ш. Тухлиев, Ш.А. Агзамова. Исследование адгезии наполненных поликапромидных покрытий к металлическим субстратам // Композиционные материалы,- Ташкент, 2020, №3, - С.299 (02.00.00. №4).

6. С.С.Негматов, Т.У.Ульмасов, Н.С.Абед, З.У.Махаммаджонов, М.Н.Негматова, С.С.Жовлиев, М.М.Садыкова, Т.С.Халимжанов, О.Х.Абдуллаев, Ф.М.Наврұзов. Исследование адгезионно–прочностных и вязкоупругих свойств эпоксидных полимеров и их модификации// Композиционные материалы,- Ташкент, 2020, №2, - С.226-228 (02.00.00. №4).

7. Н.С. Абед, С.С. Негматов, Г. Гулямов, К. С. Негматова, Н.Х. Юлдашев, М.Н. Тухташева, Ш.А. Бозорбоев, Ш.О. Эминов, О.Х. Абдуллаев, Ф.М. Наврұзов, М.М. Садыкова.Экспериментальное исследование влияния волокнистых наполнителей на свойства полиолефинов // Пластические массы,- Москва, 2020, №7-8, - С.12-15(02.00.00; №5).

8. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Р.Х. Саидахмедов, Т.У. Ульмасов, А.Я. Григорьев, В.П. Сергиенко, К.С. Негматова, С.С. Жовлиев, Ж.Н. Негматов, З.У. Махаммаджонов, М.М. Садыкова, М.Н. Негматова, О.Х. Абдуллаев,



Ф.М. Наврузов. Исследование вязкоупругих и адгезионно-прочностных свойств и разработка эффективных вибропоглощающих композиционных полимерных материалов и покрытий машиностроительного назначения //Пластические массы, - Москва, 2020, №7-8, - С.32-36 (02.00.00; №5).

### **Пбўлим (Шчасть) (Шpart)**

9. Абед Н.С., Негматов С.С., Жовлиев С.С., Абдуллаев О.Х., Бозорбоев Ш.А., Улмасов Т.У., Атахожаев А., Сатторов А.Р. Особенности физической модификации демпфирующих полимеров как конструкционных. Ферганский Политехнический институт международная научно-техническая конференция. Совершенствование и внедрение инновационных идей в области химии и химической технологии. Сборник докладов и тезисов 23-24 октября, 2020 года.

10. Абед Н.С., Гулямов Г., Халимжанов Т.С, Садилова М.М., Улмасов Т.У., Махаммаджанов З.У., Негматов С.С., Бозорбоев Ш.А., Абдуллаев О.Х. Современные аспекты получения антистатически-теплопроводящих антифрикционных и антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе. Табиий фанлар сохасидаги долзарб муаммолар ва инновацион технологиялар мавзусидаги халкаро илмий –амалий анжуман, 20-21 ноябрь, 2020 йил.

11. Негматов С.С., Наврузов Ф.М., Жовлиев С.С., Улмасов Т.У., Абдуллаев О.Х., Атахожаев А., Сатторов А.Р. Пути создания демпфирующих композиционных полимерных материалов. Государственное унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт» Ташкентский Государственной Технической Университет имени И. Каримова. Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Полимерлар кимёси ва физикаси институти «Юқори молекуляр бирикмалар» муаммовий кенгаши «Полимерлар ҳақидаги фаннинг замонавий муаммолари» Тезислар ва тўпламлар. Тошкент-25—26 ноябрь 2020й.

12. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, О.Ш. Сабирова, Б.Т. Хаминов, Ф.М. Наврузов, О.Х. Абдуллаев, М.М. Машарипова, З.У. Махаммаджанов, С.С. Жовлиев, Ф.Р. Иксанов. Консольный метод определения внутренних напряжений в полимерных, эмалевых и лакокрасочных покрытиях // «Композиционные материалы на основе техногенных. Международная научно-техническая конференция Ташкент, 2021 года 16-17 сентября – С 127-128

13. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Б.Б. Эшмурадов, О.Ш. Сабирова, Б.Т. Хаминов, Ф.М. Наврузов, О.Х. Абдуллаев, М.М. Машарипова, З.У. Махаммаджанов, С.С. Жовлиев. Исследование структуры и вязкоупругих свойств взаимопроникающих систем на основе эпоксициановых полимеров и полиуретана // «Композиционные материалы на основе техногенных. Международная научно-техническая конференция Ташкент, 2021 года 16-17 сентября – С. 137-138.

14. Soyibjon Negmatov, Nodira Abed, Tulqun Ulmasov, Mamarayim Karshiyev, Zoxidullo Makhammadjonov, Otabek Abdulayev, Muxabbat Masharipova and Ozoda Sabirova. Adhesion-Strength and Tribotechnical Properties of Machine-Building Composite Polymer Coatings // EasyChair Preprint № 5227 EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair, March 29, 2021.