

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**
DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

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

ТОЖИБОВ БЕРИЖОН МАМИТЖОНОВИЧ

**МАШИНАСОЗЛИК МАҚСАДЛАРИДА КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР
ВА ЛОК-БЎЁҚ ҚОПЛАМАЛАРИНИНГ САМАРАЛИ ТАРКИБИ ВА
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШГА ИМКОН БЕРУВЧИ
ИЧКИ КУЧЛАНИШЛАРНИ ПАЙДО БЎЛИШИ ВА
КАМАЙИШИНИНГ МЕТОДОЛОГИК АСОСЛАРИ**

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 ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Content of the dissertation abstract of doctor of science (DSc)

Тожибоев Беғижон Мамитжоновић

Машинасозлик мақсадларида композицион полимер ва лок-бўёқ
қопламаларининг самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқишга
имкон берувчи ички кучланишларни пайдо бўлиши ва камайишининг
методологик асослари.....3

Тожибоев Беғижон Мамитжоновић

Методологические основы возникновения и понижения внутренних
напряжений при формировании композиционных полимерных и
лакокрасочных покрытий машиностроительного назначения, позволяющие
разработать эффективный состав и технологию их получения.....33

Tojiboyev Begijon Mamitjonovich

Methodological principles of the occurrence and reduction of internal stresses during
the formation of composite polymer and paint coatings for mechanical engineering
purposes, allowing the development of effective compositions and technology for
their production.....63

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....67

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**
DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

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

ТОЖИБОВ БЕРИЖОН МАМИТЖОНОВИЧ

**МАШИНАСОЗЛИК МАҚСАДЛАРИДА КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР
ВА ЛОК-БЎЁҚ ҚОПЛАМАЛАРИНИНГ САМАРАЛИ ТАРКИБИ ВА
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШГА ИМКОН БЕРУВЧИ
ИЧКИ КУЧЛАНИШЛАРНИ ПАЙДО БЎЛИШИ ВА
КАМАЙИШИНИНГ МЕТОДОЛОГИК АСОСЛАРИ**

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 ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2024.2.DSc/T775 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб саҳифасида www.gupft.uz ва «ZiyoNet» Ахборот таълим портали www.ziynet.uz да жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчилар:

Негматов Сайибжон Садикович
техника фанлари доктори, профессор,
ЎЗР ФА академиги

Абед Нодири Сайибжоновна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Рискулов Алимжон Ахмаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Каршиев Мамараим Санаевич
техника фанлари доктори, доцент

Холмуродова Дилафруз Куватовна
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент кимё-технология институти

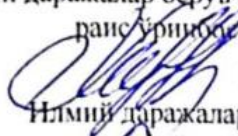
Диссертация ҳимояси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил «26» март соат 14³⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73, e-mail: gupft@inbox.uz «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2- қават, анжуманлар зали).

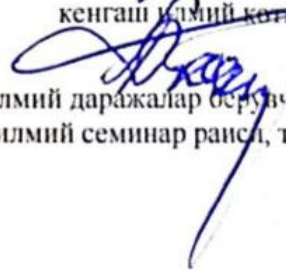
Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№41-24 - рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73

Диссертация автореферати 2025 йил «14» март кунини тарқатилди.
(2025 йил «12» ноябрдаги № 41-24 рақамли реестр баённомаси).




Т.О. Камолов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
раис ўринбосари, т.ф.д., к.и.х.


М.Э. Икратова
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., к.и.х.


А.М. Эминов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

Кириш (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда дунёда турли соҳаларда қўлланиладиган машина ва механизмларнинг ишчи органларида ишлатиладиган самарали полимер ва лок-бўёқ материаллари ҳамда улар асосидаги қопламаларга бўлган талаб кун сайин ортиб бормокда. Бу борада, жумладан паст ички кучланишли ва юқори адгезион-когезион хусусиятларга, шунингдек умрбоқийликка эга бўлган композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ҳамда улар асосидаги қопламаларни физик-механик, технологик ва эксплуатацион хусусиятларини аниқлаш, машина ва механизмларнинг ишчи органларини ишлаш қобилияти ва самарадорлигини оширишга имкон берадиган сифатли полимер қопламаларини ишлаб чиқиш ва қўллаш катта аҳамиятга эга.

Жаҳонда комплекс хусусияти жиҳатидан барча талабларга жавоб берадиган янги структурадаги полимер асосли лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларни олиш усулларини аниқлаш, улардан ички ва ташқи бозор талабларига жавоб берадиган маҳсулотларнинг янги ассортиментларини ишлаб чиқиш учун янги замонавий техника ва технологияларни яратиш ва ишлаб чиқариш мақсадида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмокда. Бу борада, жумладан, композицион полимер, лок-бўёқ материаллар ва улар асосидаги қопламаларни сифатини ошириш мақсадида қўлланиладиган полимер композицияларнинг оптимал таркибини, физик-кимёвий ва эксплуатацион хоссаларини аниқлаш, лок-бўёқ материаллар ва қопламаларнинг ички кучланишларга таъсир этувчи ташқи омиллар билан ўзаро таъсир механизмининг тадқиқ қилиш ҳамда самарали композицион полимер, лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларни ишлаб чиқиш технологиясини яратиш алоҳида аҳамиятга эга.

Республикаимизда маҳаллий хом ашё ва саноат чиқиндилари асосида композицион полимер, лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларни ишлаб чиқишнинг замонавий усулларини яратиш, машинасозлик саноатини ривожлантириш, композицион полимер ва лок-бўёқ материаларидан тайёрланадиган маҳсулотларнинг рақобатбардошлигини ошириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмокда. Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «...миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажминини ошириш...»¹, бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, композицион полимер, лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларнинг таркиби, тузилиши ва технологик ҳамда эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилаш учун полимер композициясини олишнинг такомиллашган технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2022 — 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 13 мартдаги №ПФ-5963-сон “Ўзбекистон Республикасида қурилиш соҳасида ислохотларни чуқурлаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги, 2020 йил 15 мартдаги №ПФ-6079-сон “Рақамли Ўзбекистон-2030” стратегиясини тасдиқлаш ва уни самарали амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги фармонлари, 2020 йил 21 августдаги №ПҚ-4812-сон “Маҳаллий ишлаб чиқарувчиларни қўллаб-қувватлашга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган 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.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи² Композицион полимерлар ва органоминерал ингредиентлар асосида маҳаллий хомашёдан фойдаланган ҳолда янги композицион материалларни яратиш ва технологияларини ишлаб чиқишга йўналтирилган тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан: International Fertilizer Development Center (АҚШ), University of Science and Technology (Хитой), University of Helsinki (Финландия), Institute of Physics, University of Amsterdam (Нидерландия), University of Konstanz (Германия), New Materials Institute (Германия), Israel Research Center (Исроил), University Institute of Science (Туркия), Poznan University Of Technology (Польша), Сибирь қурилиш материаллари ва янги технологиялар илмий-тадқиқот институти, Томск политехника университети, Томск давлат университети, Тюмень индустриал университети, Н.С.Курнаков номидаги Умумий ва ноорганик кимё институти, Н.Н.Семенов номидаги Кимёвий физика институти (Россия), Белоруссия давлат технологик университети (Беларусь), Рудный индустриал институти (Қозоғистон), В.И.Никитин номидаги Кимё институти (Тожикистон), Ўзбекистон Миллий университети, И.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, Самарқанд давлат техника университети, Урганч давлат университети, Тошкент кимё-технология институти, Тошкент архитектура ва қурилиш институти, Ўзбекистон Фанлар академияси қошидаги Умумий ва ноорганик кимё институти, Фанлар академияси Полимерлар кимёси ва физикаси институти, Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институти ва Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: <http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>; <http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>; <http://geologinfo.ru>; <https://www.niuif.ru> ва бошқа ресурслар.

Жахонда композицион полимер материаллари ва улар асосидаги қопламалар ҳамда маҳсулотлар олиш технологияси, уларнинг таркибига органоминарал ингредиентларни киритиш ва уларни модификациялаш усуллари ишлаб чиқиш, яратилган лок-бўёқ қопламаларини физик-кимёвий, технологик ва эксплуатацион хусусиятларни яхшилашга оид олиб борилган тадқиқотлар бўйича бир қатор илмий натижаларга эришилган, жумладан: композицион лок-бўёқ қопламаларни физик-кимёвий ва эксплуатацион хусусиятларни яхшилаш мақсадида кимёвий модификациялаш усуллари ишлаб чиқилган (М.В. Ломоносов номидаги Москва давлат университети, РФА Н.С. Ениколопов номидаги Синтетик полимер материаллари илмий-тадқиқот институти, Н.Н. Семёнов номидаги Кимёвий физика институти, Москва кимё-технология университети (Россия), Неапол университети (Италия), Леон техника университети (Франция), Ливерпул университети (Англия) ва П.О. Сухов номидаги Гомел техника университети (Беларус); антифрикцион ва ейилишга бардошли композицион полимер материалларни янги таркиблари яратилган (Беларус Миллий Фанлар академиясининг В.А.Белий номидаги металлополимер тизимлари механикаси институти), турли мақсадларга мўлжалланган янги композицион полимер материалларни олиш технологиялари ва композицион полимер материалларнинг конструктив тебранишларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган (Беларус Миллий Фанлар академиясининг янги материаллар кимёси институти, Украина Миллий Фанлар академиясининг Материалшунослик институти).

Дунёда маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш орқали, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан: юқори атмосфера таъсирига чидамлилик, кимёвий барқарорлик ва ишқаланиш ҳамда тебранишларда ейилишга чидамлигини аниқлаш, коррозияга чидамли композицион материалларни реакцион фаол бирикмалар, қўшимчалар билан модификациялаш ва композицион полимер материалларнинг самарали таркибини ишлаб чиқиш йўли билан коррозияга чидамли композицион материалларнинг физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш, шаклланиш жараёнлари кинетикасини ўрганиш; адгезион, мустаҳкамлик ва бошқа физик-механик хоссаларини ўрганиш, термореактив полимер композицияларни қотиришнинг илмий асосланган механизмларини аниқлаш, физик-кимёвий модификацияланган титрашни ютувчи, шовқиндан ҳимояловчи, шовқинни машинасозлик, металлургия, кимё, нефть-кимё, тўқимачилик, қурилиш индустрияси ва саноатнинг бошқа тармоқларида буюмлар ва қопламалар тайёрлаш учун маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосидаги антифрикцион, коррозияга қарши, электр изоляцион ва бошқа зарарсиз композициялар, уларни деталлар, юпқа деворли конструкциялар, машина ва механизмлар корпусларига қўллаш олиш технологияси ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда полимер-лок-бўёқ материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг чидамлилигини ўрганишнинг илмий-услубий ёндашувларини ишлаб чиқишга қуйидаги хорижий ва

махаллий олимлардан: Ребиндер П.А., Каргин В. А., Гликман С.А., Трапезников А.А., Александров А.П., Лазуркин Ю.С., Кобеко П.П., Кувшинский Е.В., Журков С.Н., Регел В.Р., Догадкин Б.А., Бартенев Г.М., Гул В.Е., Зуев Ю.С., Карякина М.И., Слонимский Г.Л., Соголов Т.И., Малинский Ю.М., Алфрей Т., Тобольский А.В., Дж. Ферри, Ерохин М.Н., Гайдар С.М., Усманов Х.У., Аскарлов М.А., Негматов С.С., Рашидова С.Ш., Рахмонбердиев Г., Джалилов А.Т., Юсупбеков А.Х. ва бошқалар. Ички кучланишлар нисбатан тўлиқ Санжаровский А.Т., Зубов П.И., Суходол А.В., Слонимский Г.Л., Каргин В.А., Шрейнер С.А., Малинский Ю.М. ва Якубович С.В.лар томонидан ўрганилган.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқишда қўлланиладиган усуллар ва қурилмалар улардаги ички кучланиш қийматларини етарлича аниқламайди, бу эса машина ва механизмларнинг ишчи қисмлари учун қопламаларнинг чидамлилигини нотўғри таҳлил қилишга олиб келади. Бу борада, композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларда юқори аниқликда ички кучланишларни аниқлашга имкон берадиган самарали усул ва универсал қурилмани ишлаб чиқиш, шунингдек уларни паст ички кучланишлар ва юқори адгезион-когезион хусусиятлар ва шунга мос равишда чидамlilik билан ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш батафсил ёритилмаган. Ушбу диссертация ишида мавжуд муаммони ҳал қилишга доир масалалар кенг ёритиб берилган.

Илмий тадқиқот мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети қошидаги «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонаси илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ №Ф-7-9 «Полимер материалларнинг адгезион хоссаларини ингредиентларга боғлиқ ҳолда шаклланиши ва бузилиши механизмларини ўрганиш ва самарали полимер, лок-бўёқ композицион материаллар ва улар асосида қопламаларни яратиш» мавзуси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади машинсозлик мақсадларида композицион полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг самарали таркиб ва олиш технологиясини ишлаб чиқишга имкон берувчи ички кучланишларни пайдо бўлиши ва камайишининг методологик асосларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

полимер ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишлар механизмларининг назарий ва амалий жиҳатларини ўрганиш ҳамда уларнинг мустаҳкамликка таъсирини таҳлил қилиш;

ички кучланишларни аниқлашнинг мавжуд усуллари ва қурилмаларини таҳлил қилиш, уларнинг самарали усулини ишлаб чиқиш ва ички кучланишларни юқори аниқликда ўрганиш имконини берувчи қурилманинг асосий параметрларини аниқлаш;

полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни консол усулида аниқлашни ривожлантириш орқали консолли металл асосида кучланишни ўрганиш учун самарали усулни ишлаб чиқиш;

таклиф этилаётган кучланиш усули асосида полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни консол усулида аниқлаш имконини берувчи универсал қурилмани ишлаб чиқиш, яратиш ва конструкциялаш;

ишлаб чиқилган оригинал қурилмада полимер ва лок-бўёқ қопламаларида ички кучланишларнинг пайдо бўлиш жараёнини тадқиқ қилишда таклиф этилаётган усул ва оригинал қурилмани полимер ва лок-бўёқ қопламаларини қуриш - ҳавода ва нам муҳитларда қотиш вақтидан ички кучланишларнинг ўсиш-тўпланиш қонуниятини тадқиқ қилиш орқали синовдан ўтказиш;

полимер ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларни камайтириш имкониятларини ўрганиш ва қопламаларнинг мустаҳкамлиги ҳамда умрбоқийлигини ошириш мақсадида ички кучланишларни камайтиришнинг самарали усуллари ишлаб чиқиш;

назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижалари асосида паст ички кучланиш ва юқори адгезион мустаҳкамликка эга полимер ва лок-бўёқ материаллар ҳамда улар асосида қопламалар яратиш учун самарали таркиб ва технология ишлаб чиқиш;

самарали композицион полимер ва лок-бўёқ материаллар ҳамда улар асосида қопламалар яратиш учун илмий-технологик принциплар ва такомиллаштирилган технологияни ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган полимер ва лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламаларни саноат синовларидан ўтказиш, уларнинг самарадорлигини баҳолаш ва уларни эксплуатация шароитида қўллашнинг техник-иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида эпоксид смолалари ва улар асосидаги локлар, полиэфир локлар, алкид полимерлар, изоционат асосидаги қотирувчилар, рутин метали, полиаминлар ва АГМ9, толдирувчилар - каолин, тальк ва бошқа органоминарал ингредиентлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети қопламаларда ички кучланишлар пайдо бўлиши қонуниятларини ўрганиш ва уларнинг таъсирини таҳлил қилиш, ички кучланишлари камайтирилган ва физик-механик хусусиятлари ҳамда мустаҳкамлиги оширилган композицион полимер ва лок-бўёқ қопламаларини яратишга имкон берувчи янги куч усули ва оригинал қурилма ишлаб чиқиш, адгезион ва мустаҳкамлик хусусиятларини ошириш орқали қопламаларнинг ишлаб чиқариш самарадорлиги ва умрбоқийлигини ошириш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг ички кучланишларини консол ва куч усули асосида яратилган қурилмада ва қопламаларнинг физик-механик хоссалари умумқабул қилинган усуллар ва қурилмалар ёрдамида, ИҚ – спектроскопия, замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларида, вискозиметрия, сталогмометрия ва бошқа МДХ мамлакатларида қабул қилинган стандарт таҳлил усуллари фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

полимер ва лок-бўёқ қопламаларида ички кучланишларни аниқлашнинг консол усулини ишлаб чиқиш орқали эластик металл тагликдаги қопламаларда ички кучланишларни аниқлашнинг куч усули намуна микрометрик винт билан дастлабки ҳолатга чиқишда пружинага таъсир қилувчи куч орқали аниқлаш асосланган;

таклиф этилган ташқи куч орқали аниқлаш усули асосида ҳарорат ва турли шароитларда полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни ташқи куч ва консол усулларида ўлчайдиган универсал қурилма ишлаб чиқилган, яратилган ва конструкцияланган;

полимер ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларнинг келиб чиқиш механизмлари, ички кучланишларнинг асосий сабаби тизимда релаксацион жараёнларнинг секинлашиши, полимер-таглик ҳамда полимер-тўлдирувчи ўртасидаги ўзаро таъсир мустаҳкамлиги ортиши билан ички кучланишлар кескин ошиши аниқланган;

ички кучланишларни полимер ва лок-бўёқ қопламалари ҳосил бўлиш жараёнида қотирувчилар билан аниқлаш мумкинлиги, релаксацион жараёнларнинг секинлашиши, қопламалардаги ички кучланишларга қопламани совишида ҳосил бўлиш жараёни, тезлигини аниқловчи омиллар таъсири, эритувчининг хусусиятлари ва турли таркибий қўшимчаларнинг таъсири алоҳида аҳамиятга эга эканлиги аниқланган;

ички кучланишлари камайтирилган, юқори адгезия ва мустаҳкамлик хусусиятларига эга бўлган композицион полимер ва лок-бўёқ материаллар ҳамда қопламаларнинг оптимал таркиби ишлаб чиқилган, қопламаларнинг турли шароитларда умрбоқийлиги ва ишончилигини оширишга ёрдам бериши аниқланган;

полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг ички кучланишларини қопловчи плёнка ҳажмига ва субстрат-таглик адгезияси чегарасида ҳосил бўладиган молекуляр тузилишга ҳамда қоплама қалинлигига таъсири орқали бошқариш ва ички кучланишларни пасайтириш имкониятлари асосланган, полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг чидамлилигини оширишни аниқлаш имконини берувчи ички кучланишларни ҳосил бўлиши ва пасайиши ҳамда адгезион-мустаҳкамлик хоссалари ўртасидаги корреляцион боғлиқлик аниқланган;

ички кучланишларни камайтириш ва юқори адгезион-когезион мустаҳкамлик хоссалари ҳамда шунга мос равишда умрбоқийлиги юқори бўлган қопламалар олиш имконини берувчи технология ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни аниқлаш учун янги ташқи куч орқали аниқлаш усули ва оригинал қурилма ишлаб чиқилган, қопламаларда ички кучланишларни юқори аниқлик билан аниқлаш имконини бериши аниқланган;

таклиф этилган ташқи куч орқали аниқлаш усули асосида полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни аниқлаш учун оригинал

қурилма конструкцияланган, қурилма турли ҳарорат шароитларида ички кучланишларни юқори аниқлик билан ўлчаш аниқланган;

полимер ва лок-бўёқ қопламаларда, шунингдек, таглик-асосий материаллар устида органоминарал ингредиентларнинг қўлланилиши аниқланди, бу ички кучланишларни сезиларли даражада камайтириш ва адгезион мустаҳкамлигини ошириш имконини берди, бу эса эксплуатация шароитида юқори самарадорлик ва умрбоқийликка эга полимер ва лок-бўёқ қопламалари яратилган;

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг ички кучланишларини, шунингдек, уларнинг физик-механик хоссаларини аниқлаш учун қўлланилган умумий қабул қилинган ва ишлаб чиқилган усуллар ва қурилмаларнинг мажмуаси билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти полимер ва лок-бўёқ қопламалар шаклланиш жараёнида ички кучланишларнинг пайдо бўлиши ва йиғилиши қонуниятларини ўрганиш асосида юқори аниқликда қопламалардаги ички кучланишларни аниқлаш имконини берадиган куч усули, ички кучланишларнинг пайдо бўлиши ва камайиши, адгезион ва мустаҳкамлик хусусиятларини ошириш бўйича чуқур тадқиқотлар натижасида полимер ва лок-бўёқ материаллари ҳамда улар асосидаги қопламаларнинг мустаҳкамлиги ва узоқ муддатлилигини назарий ва амалда асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ушбу яратилган полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни аниқлашда куч усули асосида оригинал қурилма ишлаб чиқилган ва ҳавода ички кучланишларни аниқлаш, ички кучланишлари камайтирилган, юқори адгезион-когезион мустаҳкамлик хусусиятларига ва шу билан бирга юқори мустаҳкамлик ва умрбоқийликка эга қопламалар яратиш технологияси таклиф қилинган, бу қопламалар қишлоқ хўжалик машиналари ва механизмларининг ишчи органларида қўллашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Машинасозлик мақсадларида композицион полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг самарали таркиб ва олиш технологиясини ишлаб чиқишга имкон берувчи ички кучланишларни пайдо бўлиши ва камайишининг методологик асосларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ички кучланишлари камайтирилган, юқори адгезион ва мустаҳкамлик хусусиятларига эга ҳамда умрбоқийликка эришишга йўналтирилган самарали композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари “Кувамештех сервис” МТПда (Фарғона вилояти) пахта териш машиналари, дон йиғувчи комбайнлар ва турли тракторларнинг қисмлари, узеллари ва корпусларида амалиётга жорий этилган (“Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ Хўжалиги Вазирлиги”, Қишлоқ Хўжалигида билим ва Инновациялар Миллий Марказининг 2024 йил 15 октябрдаги 05/15-04-519-сонли маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган композицион полимер материаллардан паст ички кучланиш ва юқори адгезион мустаҳкамликка эга қоплама сифатида қишлоқ хўжалиги ва

бошқа турдаги машина ва механизмларида кенг фойдаланиш имконини берган;

полимер ва лок-бўёқ қопламалардаги ички кучланишларни камайтириш бўйича ишлаб чиқилган самарали усул Наманган вилоятидаги “Агросервис МТП” МЧЖда амалиётга жорий этилган (“Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ Хўжалиги Вазирлиги”, Қишлоқ Хўжалигида билим ва Инновациялар Миллий Марказининг 2024 йил 15 октябрдаги 05/15-04-519-сонли маълумотномаси). Натижада, қопламаларнинг ички кучланишларини 5-6 баробар камайтириш орқали қишлоқ хўжалиги техникаси конструкциялари ва корпусларида қўлланиладиган лок-бўёқ қопламаларининг умрбоқийлигини 1,8-2 баробар ошириш имконини берган;

композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари асосидаги қопламалар пахта териш машиналари, дон йиғувчи комбайнлар ва тракторларнинг юпка деворли металл конструкциялари сирт юзаларида қўллаш орқали (“Агросервис МТП” МЧЖда) амалиётга жорий этилган (“Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ Хўжалиги Вазирлиги”, Қишлоқ Хўжалигида билим ва Инновациялар Миллий Марказининг 2024 йил 15 октябрдаги 05/15-04-519-сонли маълумотномаси). Натижада, қопламаларнинг адгезион мустаҳкамлигини 20-30% га ошириш ва ишлатилаётган материаллар қийматини 3-3,5 баробарга камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижалари апробацияси. Тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 22 та Республика илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 43 та илмий иш нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 21 та илмий мақола, жумладан, 14 таси Республика ва 7 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация тузилиши кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 180 саҳифани ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асослаб берилган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги белгилаб берилган. Шунингдек, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти баён этилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати келтирилган, ишнинг апробация натижалари, нашр этилган ишлар тўғрисида маълумотлар ҳамда диссертация тузилиши тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Полимер ва лок-бўёқ қопламаларида ички кучланишлар пайдо бўлишининг назарий ва амалий жиҳатларининг замонавий ҳолати ва уларнинг иш қобилияти ва чидамлилигига таъсири**» деб номланаган биринчи бобида полимер ва лок-бўёқ материалларида ҳамда қопламаларда ички кучланишларнинг пайдо бўлиши, уларни пасайтириш имкониятлари ва мустаҳкамликка таъсирига оид замонавий адабиёт манбалари таҳлили натижалари келтирилган. Полимер ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларни аниқлаш учун мавжуд усуллар, асбоблар ва қурилмалар ҳақида маълумот берилган.

Адабиёт манбаларидан маълум бўлишича, бу йўналишдаги муҳим вазифалардан бири ички кучланишлари паст бўлган композицион полимер лок-бўёқ материаллари ва улар асосида қопламалар яратиш ҳисобланади. Бундай қопламалар мустаҳкамлигини ошириб, улардан фойдаланиш конструкциялар, тунукадан тайёрланган иш органлари корпуслари ва механизмларнинг иш қобилияти ва хизмат муддатини узайтиришга ёрдам беради. Шу боис, полимер ва лок-бўёқ материаллари ҳамда қопламалардаги ички кучланишларни таҳлил қилиш учун самарали усул ва оригинал ускуна ишлаб чиқиш, шунингдек, ички кучланиш даражаси паст, мустаҳкамлиги юқори бўлган қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш бугунги кунда муҳим аҳамиятга эга бўлиб, долзарб муаммолардан бири ҳисобланади.

Диссертациянинг «**Композицион полимерлар ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларни аниқлаш учун тадқиқот объектлари ва усуллари**» деб номланган иккинчи бобида ички кучланишларни ўрганиш учун тадқиқот объектларини танлаш асослаб берилган, экспериментал қурилманинг тавсифи келтирилган, полимер ва лок-бўёқ материаллари ҳамда улар асосидаги қопламаларнинг физик-механик хусусиятларини тадқиқ қилиш методикаси ва уларни олиш усуллари баён қилинган, шунингдек, олинган экспериментал натижаларни статистик қайта ишлаш методикаси кўриб чиқилган.

Диссертациянинг «**Композицион полимерлар ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларни аниқлаш учун янги кучланиш усулини ва универсал қурилмани ишлаб чиқиш**» деб номланган учинчи бобида полимер қопламаларида ички кучланишларнинг пайдо бўлиш механизмлари бўйича тадқиқот натижалари, ички кучланишларни аниқлаш учун усулни ишлаб чиқиш ва лок-бўёқ қопламаларда ички кучланишларни аниқлашга асосланган асосий параметрларнинг аниқланиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

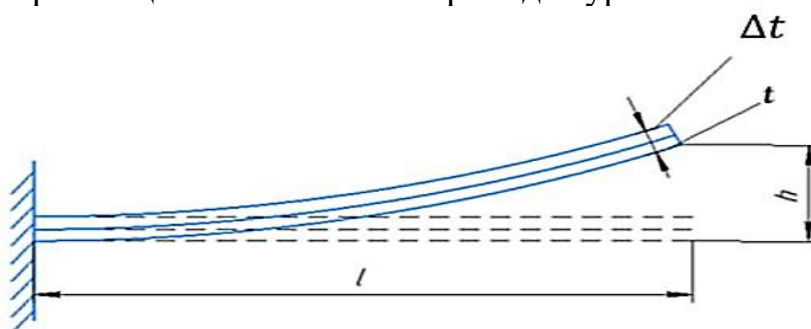
Ички кучланиш ҳосил бўлиш механизмини ўрганиш мақсадида, биринчи навбатда, биз 100 масс.қ. эпоксид Э-40 ва 10 масс.қ. полиэтиленполиамин композициясини қотиш жараёнини ўргандик. Қопламалар ва плёнкалар хона ҳароратида қотирилди.

Тадқиқотлар натижасида қотиш жараёни эпоксид ва амид гуруҳлари ўртасидаги реакция натижасида уч ўлчамли кимёвий структура ҳосил бўлиб, композицион полимер ва лок-бўёқ қопламаларида киришма ҳосил бўлиши ва

шунга мос равишда ички кучланишлар пайдо бўлиши аниқланди, бу узоқ муддат ишлаш мезонини баҳолаш бўлиб, диссертацияда батафсил келтирилган.

Шу билан бирга, қопламаларда ички кучланишларни аниқлаш учун кучланиш усулининг ишлаб чиқилишига эътибор қаратилган. Полимерлар ва лок-бўёқ қопламаларида ички кучланишларни аниқлаш учун консоль усулини такоминлаштирар эканмиз, эластик метал подложкада ички кучланишларни аниқлаш учун кучланиш усули ишлаб чиқилган.

Ички кучланишларни аниқлаш қуйидагича амалга оширилади. (Узунлиги "l" ва қалинлиги "t" бўлган тўғри бурчакли шаклдаги тагликка бир томондан Δt қопламаси суркалади. Наъмуна бир учи билан асбобга қўзғалмас қилиб маҳкамланади. Қоплама қотганда унда чўзувчи ички кучланишлар пайдо бўлади, улар асосни эгади, унинг эркин учини ноль ҳолатдан "h" катталиқка оғдиради, уларнинг ҳисобий схемаси 1-расмда кўрсатилган.



1-расм. Ички кучланишларни консол усулда аниқлашда ҳисоблаш схемаси

Профессор Санжаровский томонидан ишлаб чиқилган консол усули билан ички кучланишлар қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\sigma = \frac{hE_1 t^3}{3l^2(t+\Delta t)\Delta t} + \frac{hE_2(t+\Delta t)}{l^2} \quad (1)$$

бу ерда, Δt - қопламанинг қалинлиги;

t - металл тагликнинг қалинлиги;

L - текшириладиган намунанинг узунлиги - қопламали пластинкалар

B - тагликнинг кенлиги;

h - қопламага эга бўлган тагликнинг нол ҳолатдан оғиш катталиги;

E_1 ва E_2 - мос равишда таглик ва қоплама материалларининг эластиклик модули.

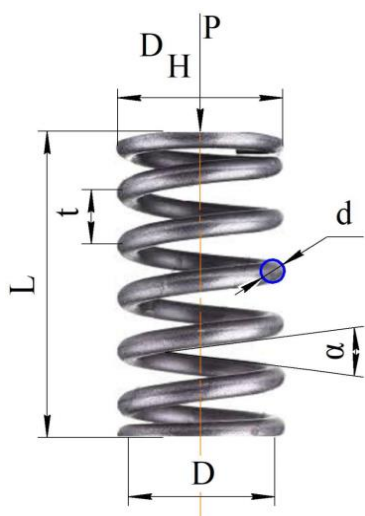
Консол усулининг пайдо бўладиган ишлаш тамойилларини, шунингдек, консол усулида плёнкадаги релаксацион жараёнларнинг содир бўлиш шароитларининг ўзгаришига олиб келадиган тагликнинг эгилиши туфайли плёнканинг таранглигини камайтиришни ҳисобга олган ҳолда, ушбу усул асосида биз Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети "Фан ва тараққиёт" ДУК олимлари ва илмий ходимлари билан биргаликда куч усулини ишлаб чиқдик ва лойиҳалаштирдик.

Шу билан бирга, полимер ва лок-бўёқ қопламаларидаги ички кучланишларни ўрганиш қурилмасининг асосий параметрлари ва геометрик

шакллари металл таглик, ўлчаш, ҳисоблаш қурилмаларининг дастлабки маълумотлари асосида конструктив жиҳатдан аниқланди.

Шундай қилиб, полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг эластиклик модули 50% га камайганда, улардаги ички кучланишларни аниқлашдаги хато фақат 0,8% ни ташкил қилади, металл тагликнинг эластиклик модули 80% га камайганда эса 1,5% дан ошмайди.

Куч усулини ишлаб чиқишда металл пластинка сиртида полимер ва лок-бўёқ қопламаларини қотиш жараёнида юзага келадиган синалаётган намунанинг эркин учи томонидан ҳосил бўладиган Р-кучланиш қийматини аниқлашда асосий характерловчи кўрсаткич деформацион модул бўлиб, унинг ролини оддий пўлат сим пружина бажаради, унинг конструкцияси 2-расмда кўрсатилган.



2-расм. Пўлат симли майший ва цилиндрик пружинанинг конструкцияси

Думалоқ кўндаланг кесимли симдан тайёрланган винцимон цилиндрсимон пружиналарнинг асосий геометрик параметрлари қуйидагилардан иборат:

- d- симнинг диаметри;
- D_H - пружинанинг ташқи диаметри;
- D- пружинанинг ўртача диаметри;
- t- пружинанинг қадами;
- α - ўрамларнинг кўтарилиш бурчаги;
- L - ёйиқ пружинанинг узунлиги.

Шуни таъкидлаш керакки, пружинанинг асосий характеристикаси унинг эгилувчанлиги бўлиб, унинг катталиги пружинанинг C индексига тўғри пропорционал бўлиб, C индекснинг қиймати уларнинг нисбатга боғлиқ:

$$C = D/d \quad (2)$$

Пружина симининг диаметри ва пружинанинг ташқи диаметри қуйидаги жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Пружина сими кўрсаткичлари

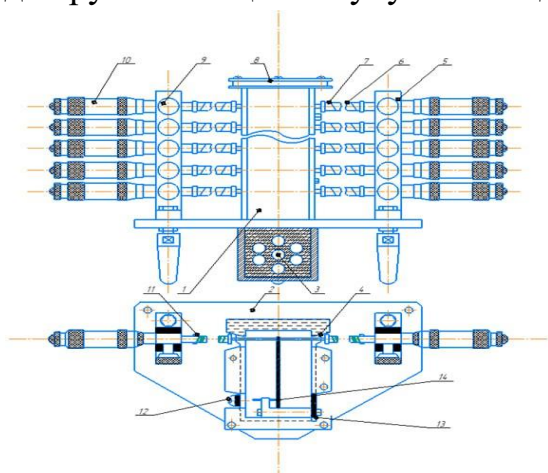
d	<2,5	3-6	6-12	C=D/d
C	5-12	4-10	4-9	

Куч усули асосида полимер ва лок-бўёқ қопламаларидаги ички кучланишлар қийматини юқори аниқликда аниқлаш имконини берувчи оригинал қурилма ишлаб чиқилди ва лойиҳаланди.

Қопламалардаги ички кучланишларни ўлчаш учун куч усули асосида ишлаб чиқилган ва тайёрланган қурилманинг схемаси 3-расмда келтирилган.

Ишлаб чиқилган қурилмада ички кучланишлар намунани дастлабки ҳолатга чиқаришда пружинага таъсир қилувчи куч бўйича аниқланади.

Пружинанинг кучи ҳисобига қопламаларнинг ички кучланиши аниқланади. Бунда пружина сиқилиш учун ишлайди.



1-корпус. 2 - таглик. 3 -
электр иситиш элементи. 4 -
втулка. 5 - устун. 6 - тортилган
пружина. 7 - шток. 8 - сиқилган
рамка. 9 - сиқилган винт. 10 -
микрометр шпиндели. 11 -
копқоқ. 12 - тикин. 13 - ушлагич.
14 - бошқарувчи винт

**3-расм. ВУ типдаги
қурилманинг схемаси**

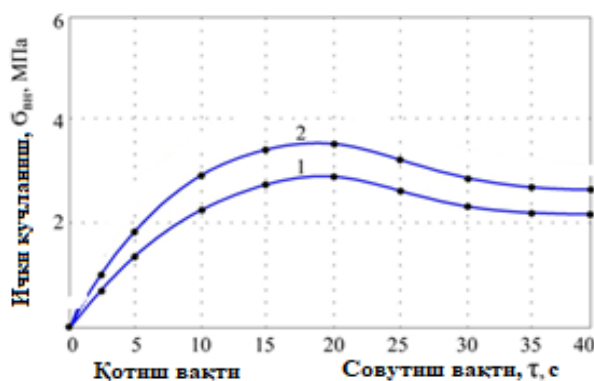
Асбоб бир вақтнинг ўзида олти намунада ички кучланишларни аниқлаш имконини беради. У юқори ҳарорат ҳосил қилиш мумкин бўлган камера ва 100°C гача ҳароратли сув буғи муҳитидан иборат.

Синов намуналари намуналарни маҳкамлаш учун 6 уяга ва намуналарни корпусдаги олд шиша ойнадаги чизик билан аниқланадиган бошланғич, ноль ҳолатга ўрнатиш учун 6 та ростлаш винтлари 14 га эга бўлган вертикал тутқич 13 га маҳкамланади. Корпусдаги дераза орқали ростлаш, сўнгра пробка 12 билан ёпилади. Консоль маҳкамланган тагликнинг эркин учи штокка тиралиб туради, шток орқали куч ростланган пружина 6 га узатилади. Синов намуналари намуналарни маҳкамлаш учун 6 уяга ва намуналарни корпусдаги олд шиша ойнадаги чизик билан аниқланадиган бошланғич, ноль ҳолатга ўрнатиш учун 6 та ростлаш винтлари 14 га эга бўлган вертикал тутқич 13 га маҳкамланади. Корпусдаги дераза орқали ростлаш, сўнгра беркитгич 12 билан ёпилади. Консоль маҳкамланган тагликнинг эркин учи штокка тиралиб туради, шток орқали куч ростланган пружина 6 га узатилади. Бу асбобда синаш учун тагликлар, худди консолли усулда бўлгани каби, қалинлиги 0,1-0,5 мм, эни 10-20 мм ва узунлиги 100 мм бўлган СТХ18Н9 маркали зангламайдиган пўлатдан тайёрланади.

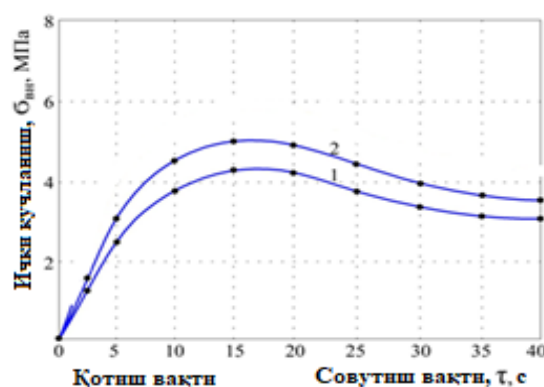
Тадқиқот натижаларини таққослаш учун полимер ва лок-бўёқ қопламаларида қуриш-қотиш вақтидан полимер ва лок-бўёқ қопламаларида ички кучланишларнинг пайдо бўлиш қонуниятининг аҳамияти, яъни полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг ейилишида, ҳароратли муҳитларда шаклланиши ва ҳавода совутилишида уларнинг ўсиш кинетикаси куч усулига асосланган қурилмада ҳам, консоль усулига асосланган қурилмада ҳам ўрганилди.

4-расмда. (а ва б) полиамидли ПО-220 қотирувчиси билан қотирилган ЭД-20 (а) ва эпоксид локидан (б) тайёрланган эпоксид қопламалардаги ички кучланишларнинг боғлиқлик графиклари 4-расмда 160°C ҳароратда 25 соат давомида ва 20°C ҳароратда ҳавода 15 соат давомида қотирилган қопламалардаги ички кучланишларнинг қийматлари иккита қурилмада

аниқланган: консоль усулга асосланган қурилма ва куч усулига асосланган қурилма.



а)

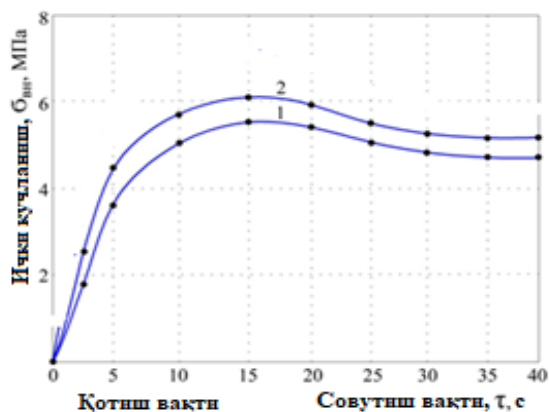


б)

1. қопламалардаги ички кучланишлар консоль усули билан аниқланган
2. қопламалардаги ички кучланишлар куч усули билан аниқланган.

4-расм. ЭД-20 (а) ва Э-4 (б) эпоксидли қопламаларни ПО-220 полиамидли қотирувчи билан 25 соат давомида 160⁰С ҳароратда қотиш ва ҳавода 25 соатдан 40 соатгача ёки 15 соат давомида совитишда ички кучланишларнинг ўзгаришига боғлиқлиги

4-расмдан кўриниб турибдики, қопламалардаги ички кучланишлар қотиш вақтига боғлиқ ҳолда экстремал характерга эга. Максимумдан ўтиб, дастлаб 15 ва 20 соатгача қотиш кучаяди, кейин 15-40 соат давомида совитилганда ички кучланиш аста-секин пасаяди. Бунда ички кучланишлар қиймати косол усулига асосланган қурилмада ўлчанган. Бунда ички кучланишлар қиймати куч усулига асосланган қурилмада ўлчанган. Бунда иккала қурилмадаги ички кучланишларнинг ортиш максимумлари мос равишда 2,5 ва 3,8 МПа оралиғида бўлади.

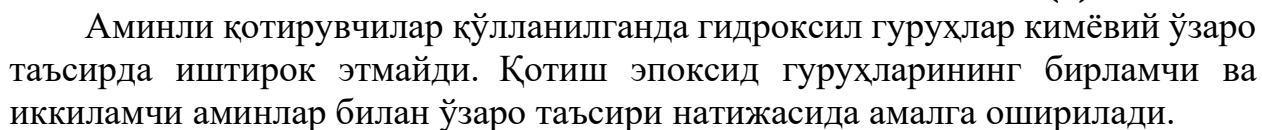
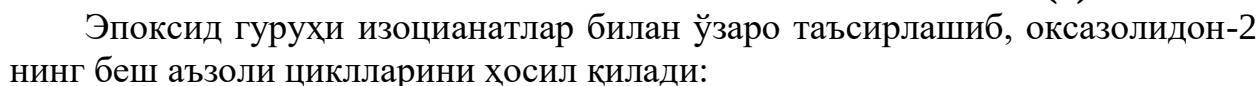


1-консоль усулига асосланган қурилма; 2-куч усулига асосланган қурилма;

5-расмда 102 Т изоцианатли қотиргич билан 160⁰С ҳароратда 25 соат давомида қотирилган ва 20 0С ҳароратда ҳавода 15 соат давомида совутилган Э-41 маркали лок асосидаги қопламалардаги ички кучланишларнинг ўзгариш боғланишлари келтирилган

5-расмда ҳам 102 Т изоцианатли қотирувчи билан қотирилган Э-41 асосидаги локли қопламада ички кучланишларнинг ўзгариши кузатилади. Бунда қопламалардаги ички кучланишларнинг юқори қийматлари 15-20 соат давомида қотишида кузатилади ва улар мос равишда 4,0 ва 4,9 МПа оралиғида бўлади.

Маълумки, эпоксид смоласи изоцианатлар билан қотирилганда смолаларнинг гидроксил гуруҳлари изоцианат гуруҳлари билан таъсирлашиб уретан смоласини ҳосил қилади.

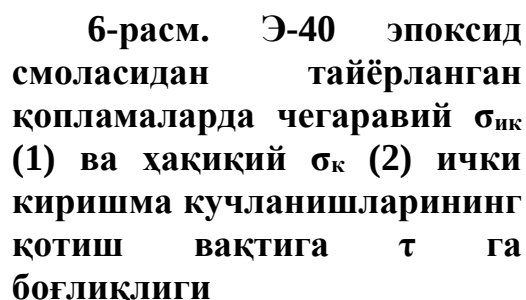

$$R'NH_2 + 2CH_2-\underset{\text{O}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2-[R]_n-CH_2-\underset{\text{O}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow R'N \begin{cases} CH_2-\underset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2-[R]_n-CH_2-\underset{\text{O}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2 \\ CH_2-\underset{\text{OH}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2-[R]_n-CH_2-\underset{\text{O}}{\overset{|}{\text{C}}}-CH-CH_2 \end{cases} \quad (5)$$

18



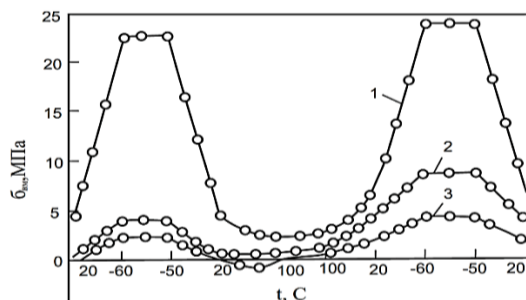
Шуни таъкидлаш керакки, қиздирилганда, макромолекулалар занжирларининг ҳаракатчанлиги иссиқлик ҳаракати натижасида ортганда, қотиш чуқурлиги ортади.



19

жараёнларнинг тугалланмаганлигига полимернинг таглик билан ўзаро таъсири ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

Ички кучланиш релаксацион жараёнларнинг тугалланмаганлиги мезони сифатида полимерларнинг физик ҳолатига сезиларли даражада боғлиқ. 8-расмда эпоксид смолалари ва тўйинмаган олигоэфирлар асосида олинган уч ўлчамли тузилишли қопламаларни қиздиришда ички кучланишларнинг ўзгариши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган. Ички кучланишлар кутбловчи-оптик усул билан ўлчанди.



7-расм. ЭД-20 эпоксид смоласи (1) ва ПЭ-220 (2) ва ПЭ-29 (3) полиэфир локларидан тайёрланган қопламаларни иситиш ва совутиш жараёнида ички кучланишларнинг ўзгариши

Кўриниб турибдики, 20°C ҳароратда, яъни ўрганилган қопламалар учун кимёвий таркибига қараб 40 - 80°C ни ташкил этадиган шишланиш ҳароратидан пастда ички кучланишлар 3 - 23 МПа ни ташкил қилади. Эпоксид қопламаларининг ички кучланишининг паст қийматлари -20 дан +40°C гача кузатилади. Улар 80°C гача, яъни шишланиш ҳароратидан юқори қиздирилганда, ички кучланишларнинг аста-секин 0,1 - 0,5 МПа гача пасайиши кузатилади.

Ички кучланиш катталигига плёнка ҳосил қилувчи молекулаларнинг молекуляр массаси сезиларли таъсир кўрсатади, бу уларнинг эгилувчанлиги ва конфигурациясига ва тизимнинг структуравий-механик хусусиятларига таъсир қилади. 2-жадвалда қопламалар олишда кенг қўлланиладиган эпоксидианли смолаларининг таркиби ва тавсифи ҳамда термик қотиришда олинган, улар асосидаги қопламаларнинг физик-механик хоссалари келтирилган.

2-жадвал

Эпоксид смоласи асосидаги қопламаларнинг физик-механик хоссалари

Молекуляр масса	Эпоксид гуруҳларининг таркиби, %	Гидроксил гуруҳларининг миқдори, %	Е, ГПа	σ _{ик} , МПа	σ _{уз} , МПа
300-400	24,8-21,5	0,1-0,8	2,7	10-20	30-40
400-600	21,5-14,5	0,8-2,5	2,7	8-15	30-40
600-800	14,5-10,0	2,5-4,6	2,5	5-10	25-30
800-1000	10,0-8,0	4,6-5,1	1,8-2,5	2-4	20-25
1000-1400	8,0-6,0	5,1-6,0	2,5	2-4	30-34
1400-1800	6,0-4,0	6,0-6,5	3,0	1-3	30-34
1800-3500	4,0-2,0	6,5-6,8	3,2	1-2	30-35

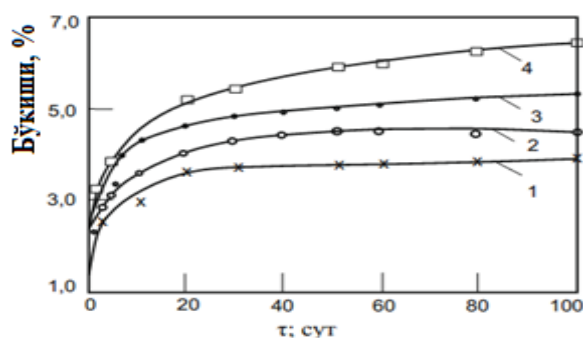
Жадвалдан кўриниб турибдики, молекуляр масса ортиши билан ички кучланишлар камаяди.

Эпоксидларнинг молекуляр массасининг ортиши билан ички

кучланишларнинг камайиши полимерланишда иштирок этувчи эпокси гуруҳлар сонининг камайиши ва камроқ зич фазовий тўрнинг ҳосил бўлиши билан боғлиқ деб тахмин қилиш мумкин эди.

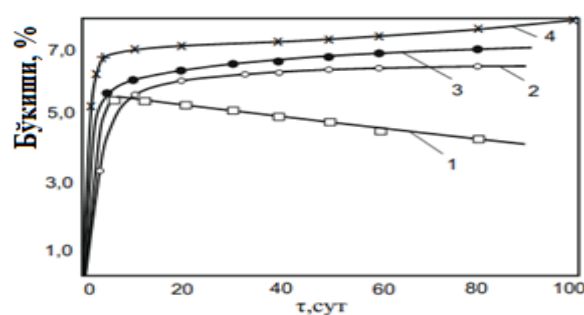
Шу билан бирга, кимёвий боғларнинг сони эритувчилардаги плёнкалар ва қопламаларнинг бўкишини аниқ белгилаб бермайди, уларнинг тарқалиш характери муҳимдир (8, 9-расмлар).

Аминли қотирувчилардан фойдаланилганда, 20 °С да 1 соат ва 160 °С да 2 соат давомида шаклланган қопламаларнинг молекуляр массаси ортиши билан смолалар спиртларда камроқ бўкади. Худди шу шароитларда изоцианатлар билан қотирилган қопламалар учун бўкишнинг молекуляр массага тескари боғлиқлиги кузатилади: молекуляр масса камайиши билан бўкиш камаяди.



1 - Э-41; 2 - Э-33; 3 - Э-44; 4 - Э-49

8-расм. 102 Т маҳсулот билан қотирилган эпоксид локлари асосидаги қопламаларнинг метанолда 20°С да барқарорлиги

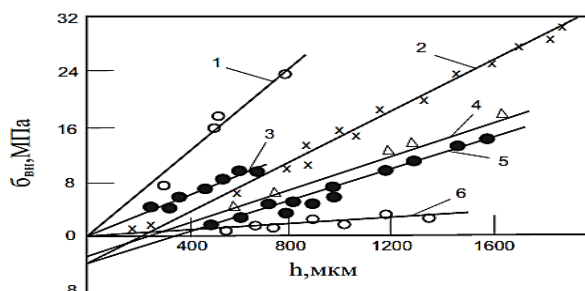


1 - Э-49; 2 - Э-44; 3 - Э-33; 4 - Э-41

9-расм. Аминли қотирувчи билан қотирилган эпоксид локлари асосидаги қопламаларнинг метанолда 20°С да барқарорлиги

Шундай қилиб, бўкиш ва фазовий тўр қалинлиги ўртасида бир қийматли боғлиқлик мавжуд эмас. Ушбу натижалар ички кучланишлар миқдорига нафақат боғланишлар сони ва табиати, балки уларнинг тизимдаги тақсимланиш характери ҳам сезиларли таъсир кўрсатишини кўрсатади.

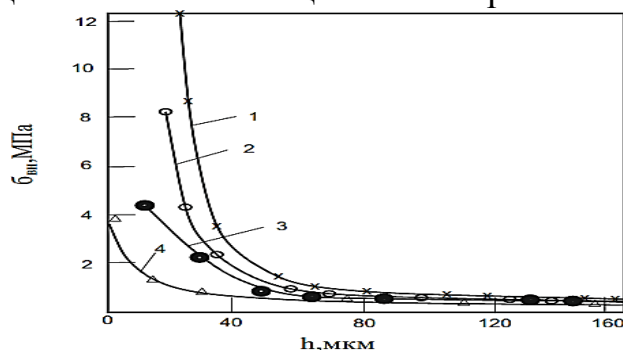
Қопламаларнинг хоссаларига субстрат юзасини модификацияловчи грунтловчи ва ғовакларни тўлдирувчи таркиблар сезиларли таъсир кўрсатади. Саноатда ишлаб чиқариладиган грунтлар ва ғовак тўлдирувчилар қўлланилганда бир қатор ҳолларда ички кучланишларнинг пасайиши билан бир қаторда қопламаларнинг субстратга адгезияси камаяди ва уларнинг чидамлилиги пасаяди, тадқиқот натижалари 10-расмда келтирилган.



1-ПЭШ шпатлёвки; 2-ПВАК поливинилацетат грунтovací; 3-М-60 грунтovací; 4-ГТВА грунтovací; 5-ишлов берилмаган; 6-КФ-1

10-расм. Ички кучланишнинг грунтровка турига ва ПЭ 220 локли қопламалар қалинлигига боғлиқлиги

11-расмда эпоксид қопламаларни шакллантиришда СКС-50 (1), СКН-40 (2), СКД-1 (3) ва СКН-18 (4) ҳамда турли хил эпоксид ва полиэтилен қопламаларни шакллантиришда ички кучланишларнинг қуйи қатлам қалинлигига боғлиқлиги келтирилган.



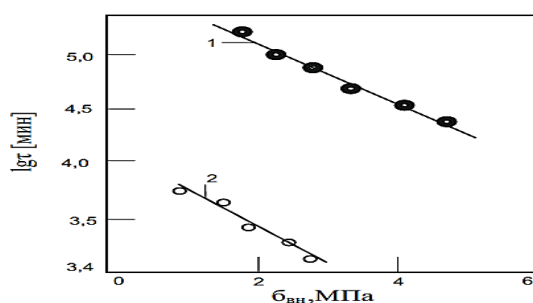
1-3-эпоксидли; 4-полиэтиленли
11-расм. Эпоксидли қопламаларни шакллантиришда СКС-50 (1), СКН-40 (2) ва СКД-1 (3) ва СКН-18 (4) ва турли қопламаларни шакллантиришда ички кучланишларнинг қатлам ости қалинлигига боғлиқлиги

11-расмдан кўриниб турибдики, эластик тағқатламдан фойдаланганда қопламаларни шакллантиришда ички кучланишларнинг кескин пасайиши фақат унинг оптимал қалинлигида кузатилади. Қатлам қалинлиги 30-40 мкм гача камайиши билан ушбу полимерлар ўзининг юқори эластиклик хоссаларини йўқотди ва уларнинг қопламалари юзасида шаклланишида ички кучланишларнинг релаксациясини таъминламади. Бу ҳодисанинг сабаби юпқа пардаларнинг молекула усти тузилишининг ўзига хос хусусиятлари ва қопламанинг қалинлигига боғлиқлиги кўрсатилган.

Шундай қилиб, бошқа тенг шароитларда тағлик учун грунтловчи қатлам ости грунтоткасининг қалинлиги ва турлари, адгезион ўзаро таъсирнинг мустаҳкамлигини белгиловчи боғланишлар табиати ва уларнинг бўлиниш чегарасида тақсимланиш характери ички кучланишлар қийматига сезиларли таъсир кўрсатади.

Диссертациянинг “Машинасозлик мақсадлари учун юқори чидамли композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва қопламаларини уларда ички кучланишларни камайтириш орқали тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш” деб номланган бешинчи бобида полимер қопламаларни иссиқлик, ёруғлик ва намлик таъсирида структуралаш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган. ички кучланишларнинг ортиши билан бузилиш энергиясининг чизикли ўсишини таъминлайдиган, шунингдек, ички кучланишларнинг ортиши ўз навбатида қопламаларнинг чидамлилигига таъсир қилади.

12-расмда алкид қопламаларнинг эскиришида чидамлиликни ички кучланишларга боғлиқлиги келтирилган.



1 - 20 °C сувда
2 - 180 °C даги ҳавода
12-расм. Алкид қопламаларнинг эскиришида чидамлиликнинг ички кучланишларга боғлиқлиги

3-жадвалда ишлаб чиқарилаётган композицион полимер-полимер лок-бўёқ материалларининг таркиблари келтирилган бўлиб, улар юқори чидамлилиқни таъминлайдиган ички кучланишларни пасайтирилган декоратив ва антикоррозион қопламаларни олиш учун ишлатилади.

3-жадвал

Қишлоқ хўжалиги машинасозлигида қўллаш учун эпоксид, полиэфир ва алкид полимерлар асосида ишлаб чиқилган композицион полимер ва лок-бўёқ материалларининг тавсия этилган самарали таркиблари ва хоссалари

Марки	ПЛКМ-1		ПЛКМ-2		ПЛКМ-3		ПЛКМ-4	
Полимерлар турлари	ЭД -20	ПЭ- 220	ЭД -20	Алк ид	Э- 41	ПЭ- 220	Э- 41	Алк ид
Композиция компонентлари таркиби мас.қ.	40	60	50	50	60	40	70	30
Ички кучланиш $\sigma_{ик}$, МПа	2,8		2,2		1,4		0,8	
Узилишдаги мустаҳкамлик $\sigma_{ум}$, МПа	84,0		82,0		56,0		45,0	

Субстрат грунтотка билан ишлов берилган композицион полимер ва лок-бўёқ қопламаларининг хоссаларини аниқлаш бўйича тадқиқот натижалари 4-жадвалда келтирилган.

Шундай қилиб, олинган натижалар асосида шуни таъкидлаш мумкинки, терморектив полимер-полимер композицияларни ишлаб чиқиш ва қаттиқ субстрат-таглик юзасида грунтоткани қўллаш натижасида қопламалардаги ички кучланишлар сезиларли даражада пасаяди, бу эса уларнинг чидамлилигини оширади.

4-жадвал

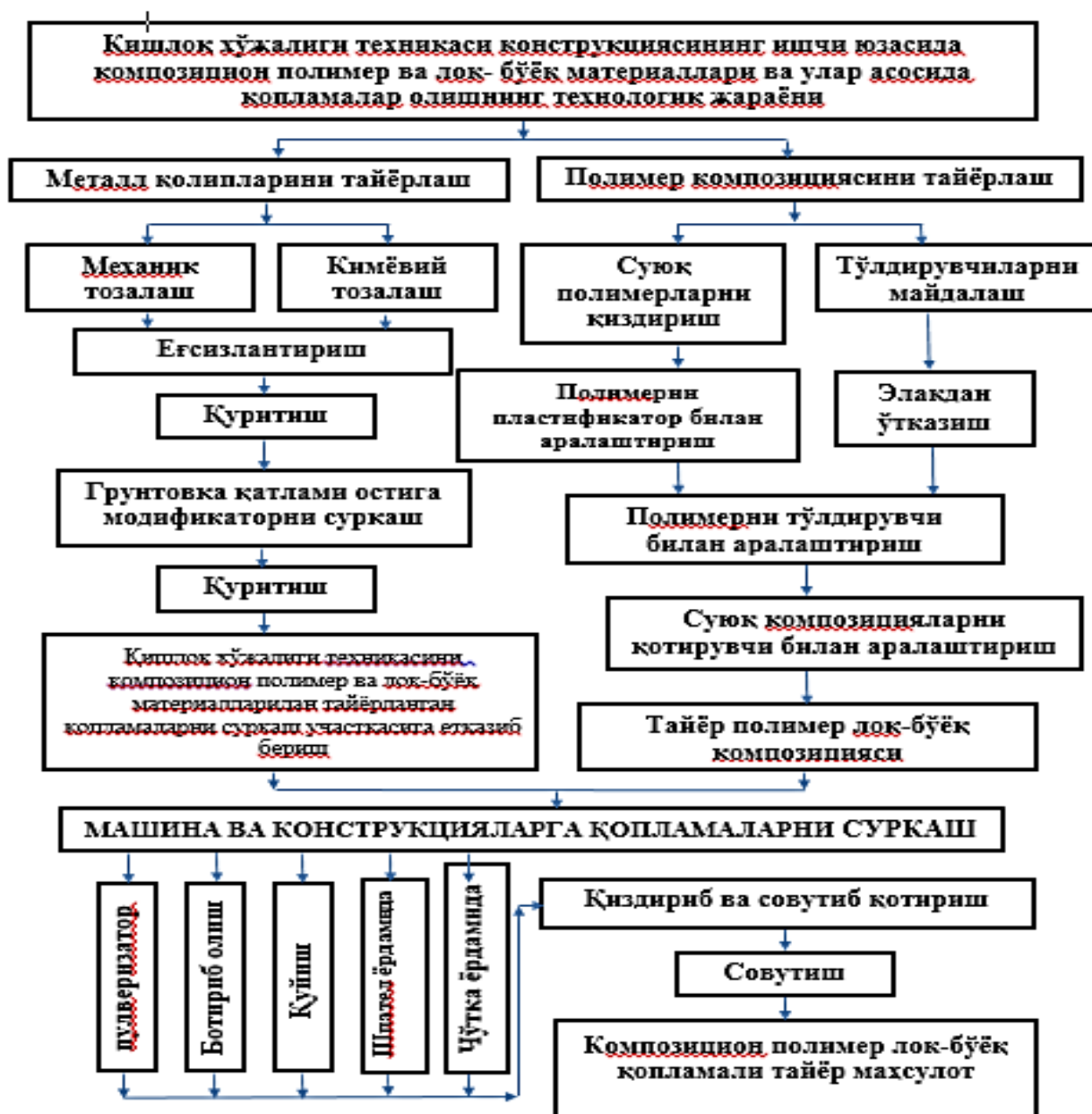
СКД-1 ва КФ-1 грунтоткалари билан ишлов берилган эпоксидли, полиэфир ва алкидли қопламаларнинг хоссалари

Марки	ПЛКМ-1	ПЛКМ-2	ПЛКМ-3	ПЛКМ-4
Ички кучланиш $\sigma_{ик}$, МПа	$\frac{0,2 - 0,3}{0,8 - 1,0}$	$\frac{0,1 - 0,2}{0,5 - 0,6}$	$\frac{0,08 - 0,10}{0,1 - 0,4}$	$\frac{0,03 - 0,05}{0,09 - 0,10}$
Узилишдаги мустаҳкамлик $\sigma_{ум}$, МПа	82,0	80,0	55,0	43,5

Диссертациянинг “Ишлаб чиқилган машинасозлик композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва қопламаларини пахта териш машиналари, ғалла комбайнлари ва турли тракторлар конструкциялари, узеллари ва корпуслари деталларида ерга ишлов бериш ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини йиғиштириш жараёнларида қўллашнинг амалий ва иқтисодий жиҳатлари” деб номланган олтинчи бобида пахта териш машиналари, ғалла комбайнлари ва турли тракторлар конструкциялари, узеллари ва корпуслари деталларида ишлаб чиқилган машинасозлик композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва қопламаларини қўллашнинг амалий ва иқтисодий жиҳатлари келтирилган қишлоқ хўжалиги техника деталларида

қўлланиладиган ички кучланишлари паст бўлган маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш муаммолари келтирилган бўлиб, улар композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва улар асосидаги қопламалар учун самарали таркиблар олиш технологиясини ишлаб чиқиш соҳасидаги истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади.

13-расмда термореактив эпоксид, полиэфир ва алкид қопламалар ҳамда полимерлар ва органоминарал ингредиентлар асосида композицион полимер ва лок-бўёқ материалларини олишнинг илмий-услубий тамойиллари келтирилган бўлиб, улар технологик жараёнларнинг қуйидаги босқичларидан иборат.



13-расм. Композицион полимер ва лок-бўёқ материаллари ва улардан машиналар конструкцияси юзасига қопламалар олиш технологиясининг илмий-услубий ва технологик тамойиллари

Наманган вилояти Поп тумани “Агросервис МТП” МЧЖда 135 дона техникани таъмирлаш учун 2025 кг импорт хомашёси ишлатилади. Битта ускунани таъмирлаш учун 15 кг маҳсулот сарфланади. Фақат маҳсулот нархидаги фарқдан келиб чиққан иқтисодий самара 162 000 000 - 41 512 500 = 120 487 500 сўмни ташкил қилди.

Ҳозирда қўлланилаётган 1000 кг Россиядан импорт қилинадиган композицион полимер, лок-бўёқ материали ва қопламаларни маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосидаги органоминал ингредиентлардан тайёрланган композицион полимер, лок-бўёқ материали ва қопламалар билан алмаштирилганда иқтисодий самарадорлик қуйидагича:

$$\Xi_1 = \Pi_1 - \Pi_2 = 85,000 - 30,000 = 55,000 \text{ сўм.}$$

$$\Xi_{\text{умум}} = V_1 \times \Xi_1 = 1000 \text{ кг} \times 55,000 = 55,000,000 \text{ сўм,}$$

бу ерда:

Π_1 – ҳозирда қўлланилаётган импорт қилинган композицион полимер лок-бўёқ материали ва қопламаларнинг 1 кг учун нархи;

Π_2 – маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида таклиф қилинаётган композицион полимер лок-бўёқ материали ва қопламаларнинг 1 кг учун нархи.

“Қувамаштех сервис МТП” МЧЖда тажриба-саноат синовларини ўтказиш жараёнида маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосидаги композицион полимер, лок-бўёқ материали ва қопламалардан жами 420 кг сарфланди.

Шундай қилиб, “Қувамаштех сервис МТП” МЧЖ шароитида пахта териш машиналари, дон йиғувчи комбайнлар ва тракторларнинг юпқа деворли металл конструкциялари ва корпуслари юзасига қўллашда умумий кутилаётган иқтисодий самарадорлик 55.000.000 сўмни ташкил этиши аниқланди.

Шуни таъкидлаш керакки, Ўзбекистон Республикасида 120 дан ортиқ “УзАгросервис” корхоналари фаолият юритмоқда. Ишлаб чиқилган композицион полимер ва лок-бўёқ материалларини пахта териш машиналари, дон йиғувчи комбайнлар ва тракторларнинг корпуслари ва бошқа деталларида қоплама сифатида ҳар бир корхона учун 1000 кг дан қўллашда, умумий сарф 120 тоннани ташкил этганда, фақат импорт қилинадиган полимер ва лок-бўёқ материаллари ўрнига иқтисодий самара 6.6 млрд. сўмни ташкил қилиши аниқланди.

ХУЛОСА

1. Машинасозликда қўлланиладиган композицион полимер ва қоплама материалларида ишлаш қобилияти ва мустаҳкамлик мезони ҳисобланган ички кучланишларнинг вужудга келиши ва камайишининг юқори аниқликдаги методологик асослари ишлаб чиқилди.

2. Ички кучланишларни аниқлаш бўйича композицион полимер қопламаларда аниқликни ошириш мақсадида консол усулига асосланган ускунага нисбатан юқори аниқликка эга бўлган янги метод ва универсал ускуна ишлаб чиқилиб, Ўзбекистон Миллий стандартлаштириш агентлигида рўйхатдан ўтказилди (Тс 14952796-01:2023).

3. Қопламалардаги ички кучланишларнинг пайдо бўлишига сабаб полимер-субстрат тизимидаги релаксацион жараёнларнинг секинлашуви, яъни қопламанинг турли қатламларида полимерланиш жараёнининг тезлиги, ҳарорат, намлик градиенти ёки қоплама плёнкаси ва субстратнинг сирт юзасининг тўлдирувчи ёки мустаҳкамловчи материаллар билан ўзаро таъсирлашувида адгезион мустаҳкамлик ортган сари ички кучланишларнинг кескин ошиши аниқланди.

4. Ишлаб чиқилган усул ва универсал ускуна эпоксид, полиэфир ва алкид асосли қопламаларда ички кучланишларнинг пайдо бўлиши ва тўпланишини тадқиқ қилишда синовдан ўтказилди ва изоционат асосидаги қотирувчилар ишлатилган ҳолатда, аминли қотирувчиларга нисбатан ички кучланишларни 1,5–2 баробар ортиқ бўлиши аниқланди.

5. Полимер қопламаларда ички кучланишларни камайтириш учун турли фаол оралик қатламларни қўлланилиши муҳим бўлиб, бунда металл субстратлар юзасида грунтовка ва ғовак тўлдирувчилар қўлланилиб, фақат декоратив хоссаларга ёки қоплама сарфига эмас, балки ички кучланишлар миқдори ва хизмат муддатига ҳам сезиларли даражада таъсир кўрсатиши аниқланди.

6. Эпоксид ва полиэфир смолалари, эпоксид ва алкид смолалари, Э-41 эпоксид лаки ва 220 полиэфир лаки, Э-41 эпоксид лаки ва алкид смоласи, КЛМК-1, КЛМК-2, КЛМК-3, КЛМК-4 асосида декоратив-ҳимоя хусусиятига эга бўлган янги самарали полимер-полимер қоплама композицияларини олиш технологияси ишлаб чиқилди.

7. Ўтказилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган қопламаларнинг хизмат муддатини 2–2,5 баробар ошириши, ички кучланишларни 6–7 баробар камайтириши, адгезион мустаҳкамлигини 20–30% га, мустаҳкамлик хоссаларини эса 50–55% га ошириши аниқланди.

8. Маҳаллий ва иккиламчи хомашёдан фойдаланган ҳолда юқори физик-механик ва мустаҳкамлик хоссаларига эга бўлган самарали композицион полимер материаллари ва қопламаларни олиш бўйича оригинал технология ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12. 2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ТАШКЕНТКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА имени
ИСЛАМА КАРИМОВА**

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

ТОЖИБОВ БЕРЖОН МАМИТЖОНОВИЧ

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И
ПОНИЖЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И
ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ РАЗРАБОТАТЬ ЭФФЕКТИВНЫЙ
СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЮ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

**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 ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2025

Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована под номером B2024.2.DSc/T775 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

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

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу www.gurft.uz и Информационно-образовательном портале «Зиёнёт» по адресу www.ziynet.uz.

Научные консультанты:

Негматов Сайибжан Садикович
доктор технических наук, профессор,
академик АН РУз, заслуженный деятель науки РУз

Абед Нодира Сайибжановна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Рискулов Алимжон Ахмаджанович
доктор технических наук, профессор

Каршиев Мамаранм Санаевич
доктор технических наук, доцент

Холмуродова Дилафруз Куватовна
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится «26» марта 2025 года в 14³⁰ 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: www.gurft.uz, на здание «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

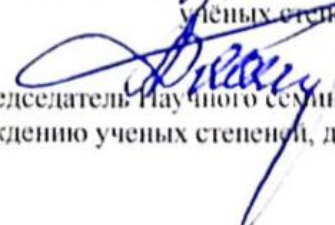
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номер №41-24). Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «14» марта 2025 года
(протокол реестра №41-24 от 12 ноября 2025 г.).




Т.О. Камолов
Заместитель председателя Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д. т. н., с. н. с.


М.Э. Икрамова
Заместитель секретаря 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 наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире большой спрос на эффективные полимерные и лакокрасочные материалы, и покрытия для деталей рабочих органов различных машин и механизмов. Одним из важных задач в этом направлении является создание композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе с низкими внутренними напряжениями и высокими адгезионно-когезионными свойствами и соответственно долговечностью, позволяющих повысить работоспособность и срок службы рабочих органов машин и механизмов. Необходимо отметить, что существующие методы и установки недостаточно точно определяют возникающее внутреннее напряжение в полимерных и лакокрасочных покрытиях, которое является критерием оценки их долговечности.

В мире большое внимание уделяют научным исследованиям по созданию эффективных полимерных и лакокрасочных покрытий с низкими внутренними напряжениями и высокой адгезионной прочностью. Однако существующие способы и установки недостаточно точно определяют внутренние напряжения в полимерных и лакокрасочных покрытиях и не дают возможность высокоточное их оценить. В связи с этим разработка эффективного способа и универсальной установки для исследования внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных материалах и покрытий на их основе, а также совершенствование технологии их получения, позволяющих получать покрытия с высокой долговечностью на сегодняшний день приобретает особое значение.

В Республике Узбекистан проводятся определенные исследовательские работы по разработке методов и установок для определения внутренних напряжений с целью получения полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий с низкими внутренними напряжениями и усовершенствования технологии их получения. Однако результаты этих работ не позволяют определять внутренние напряжения в покрытиях с высокой точностью. В программе стратегических действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан о стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы №ПФ-4947 от 28 апреля 2022 года №УП-60» отмечены важные задачи по «...эффективным механизмам стимулирования научно-исследовательской и инновационной деятельности, применению научных и инновационных разработок...»^{1 2} поставлены важные задачи. В этом аспекте разработка эффективного способа и универсальной установки для определения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, позволяющих определить внутренние напряжения с высокой точностью и разработка полимерных и лакокрасочных покрытия с высокой адгезионно-когезионной прочностью и долговечностью, и совершенствование

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы №ПФ-4947 от 28 апреля 2022 года №УП-60»

технологии их получения представляет особое значение и является актуальной проблемой.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в указах Президента Республики Узбекистан от 13 марта 2020 г. № УП-5963 «О дополнительных мерах по углублению реформ в строительной сфере Республики Узбекистан» и от 15 марта 2020 г. № УП-6079 об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации, Указ Президента республики Узбекистан о стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы №ПФ-4947 от 28 апреля 2022 года №УП-60» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики VII «Химические технологии и нанотехнологии».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Исследования, направленные на создание новых композиционных материалов и разработку технологий на основе композиционных полимеров и органо-минеральных ингредиентов с использованием местного сырья, проводятся в ведущих научных центрах и высших учебных заведениях мира, включая: Международный центр развития удобрений (США), Университет науки и технологий (Китай), Университет Хельсинки (Финляндия), Институт физики Амстердамского университета (Нидерланды), Университет Констанца (Германия), Институт новых материалов (Германия), Израильский исследовательский центр (Израиль), Университетский институт науки (Турция), Познанский технологический университет (Польша), Научно-исследовательский институт строительных материалов и новых технологий Сибири, Томский политехнический университет, Томский государственный университет, Тюменский индустриальный университет, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова (Россия), Белорусский государственный технологический университет (Беларусь), Рудненский индустриальный институт (Казахстан), Институт химии им. В.И. Никитина (Таджикистан), Национальный университет Узбекистана, Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, Самаркандский государственный технический университет, Ургенчский государственный университет, Ташкентский химико-технологический институт, Ташкентский институт архитектуры и строительства, Институт общей и неорганической химии при Академии наук Узбекистана, Институт химии и физики полимеров Академии наук, Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт и

² Обзор зарубежных исследований по теме диссертации разработан на основе: <http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>; <http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>; <http://geologinfo.ru>; <https://www.niuif.ru> и др. источников.

государственное унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета (Узбекистан).

В мире достигнут ряд научных результатов в области исследований, связанных с технологиями получения композиционных полимерных материалов, покрытий и изделий на их основе, включая введение в их состав органо-минеральных ингредиентов и разработку методов их модификации, а также улучшение физико-химических, технологических и эксплуатационных свойств созданных лакокрасочных покрытий. В частности: разработаны методы химической модификации композиционных лакокрасочных покрытий для улучшения их физико-химических и эксплуатационных свойств (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, НИИ синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова, Московский химико-технологический университет (Россия), Университет Неаполя (Италия), Технический университет Леона (Франция), Ливерпульский университет (Англия) и Гомельский технический университет им. П.О. Сухого (Беларусь)); созданы новые составы антифрикционных и износостойких композиционных полимерных материалов (Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси); разработаны технологии получения новых композиционных полимерных материалов для различных целей и методы определения конструктивных колебаний композиционных полимерных материалов (Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Институт материаловедения Национальной академии наук Украины).

В мире проводятся исследования по комплексной переработке местного сырья и промышленных отходов, включая следующие приоритетные направления: определение устойчивости к воздействию верхних слоев атмосферы, химической стабильности, износостойкости при трении и вибрациях; модификация коррозионно-стойких композиционных материалов реакционно-активными соединениями и добавками, а также разработка эффективного состава композиционных полимерных материалов для определения физико-химических свойств коррозионно-стойких композиционных материалов и изучения кинетики процессов их формирования; изучение адгезии, прочности и других физико-механических свойств; определение научно обоснованных механизмов отверждения термореактивных полимерных композиций; разработка технологий применения физико-химически модифицированных вибропоглощающих, шумозащитных и шумопоглощающих материалов, а также антифрикционных, антикоррозионных, электроизоляционных и других безопасных композиций на основе местного и вторичного сырья для изготовления изделий и покрытий в машиностроении, металлургии, химической, нефтехимической, текстильной, строительной промышленности и других отраслях, включая их использование в деталях, тонкостенных конструкциях, корпусах машин и механизмов.

Степень изученности проблемы. В области разработки научных и методических подходов и исследовании долговечности полимерно-лакокрасочных материалов и покрытий на их основе рассмотрены работы следующих ученых: Ребиндера П.А., Каргин В. А., Гликмана С.А., Трапезникова А.А., Александрова А.П., Лазуркина Ю.С., Кобеко П.П., Кувшинского Е.В., Журкова С.Н., Регеля В.Р., Догадкина Б.А., Бартенева Г.М., Гуля В.Е., Зуева Ю.С., Карякиной М.И., Слонимским Г.Л., Соголовой Т.И., Малинского Ю.М., Алфрея Т., Тобольского А.В., Дж. Ферри, Ерохина М.Н., Гайдара С.М., Усманов Х.У., Аскарлов М.А., Негматов С.С., Рашидовой С.Ш., Рахмонбердиева Г., Джалилова А.Т., Юсупбекова А.Х. и других отечественных и зарубежных ученых. А также, при исследовании внутренних напряжений и адгезионных свойств полимерных лакокрасочных материалов и покрытий на их основе занимались такие ученые как, Санжаровский А. Т., Зубов П. И., Суходоля А.В., Слонимский Г.Л., Каргин В.А., Шрейнер С.А., Малинский Ю.М., Якубович С.В., Шипилеев Б.А., Негматов С.С, Улмасов Т.У. и многие другие.

Исходя из анализов существующих работ, необходимо отметить, что при исследовании и разработке композиционных полимерных и лакокрасочных полимеров и покрытий на их основе, для изучения внутренних напряжений используется в основном существующие старые способы и установки. Из-за сложности комплексного определения внутренних напряжений и адгезионно-когезионных свойства покрытий недостаточно точно проведены исследования. Следует отметить, что разработка эффективного способа и универсальной установки для определения внутренних напряжений, позволяющих получение композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе с низкими внутренними напряжениями и высокими адгезионно-когезионными свойствами и соответственно долговечностью еще далека от своего завершения. На решение этой проблемы и посвящена настоящая диссертационная работа.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Исследования диссертации выполнены в рамках темы №F-7-9 «Изучение механизмов формирования и разрушения адгезионных свойств полимерных материалов в зависимости от ингредиентов и создание эффективных полимерных и лакокрасочных композиционных материалов и покрытий на их основе» в соответствии с планами научно-исследовательских работ государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Целью исследования является разработка эффективного способа и универсальной установки для изучения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях, являющихся критерием их долговечности и создание технологии, позволяющей получать покрытия с

пониженными внутренними напряжениями и высокими физико-механическими свойствами и долговечностью.

Задачи исследования:

исследование теоретических и практических аспектов механизма возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях и влияние их на долговечность;

анализ существующих способов и установок для определения внутренних напряжений в покрытиях с целью разработки эффективного метода и выявление основных параметров установки для разработки и изучения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях, позволяющих определять их с высокой точностью;

развивая консольный способ определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях разработать эффективный метод для изучения внутренних напряжений на упругой металлической подложке по усилению, развиваемому концом консольно закрепленного образца;

на основе предлагаемого силового способа усиления разработать, сконструировать и создать универсальную установку, позволяющую определить внутренние напряжения в полимерных и лакокрасочных покрытиях консольным способом;

апробирование предлагаемого способа и оригинальной установки при исследовании процесса возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях на разработанной оригинальной установке путем исследования закономерности возрастания-накопления внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях от времени их высыхания – отверждения на воздухе и во влажных средах;

исследование возможности понижения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях и разработать эффективные способы снижения внутренних напряжений путем применение различными технологическими приемами и путем подбора их компонентов с целью повышения долговечности и срока службы получаемого покрытия;

на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработать эффективные составы и технологию получения полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе с низкими внутренними напряжениями и повышенной адгезионной прочностью и соответственно высокой долговечностью;

разработка научно-технологических принципов и усовершенствованной технологии получения эффективных композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе;

проведение опытно-промышленных испытаний разработанных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе и определения их эффективности, а также осуществление расчета технико-экономической эффективности применения их в эксплуатационных условиях.

Объектами исследования являются эпоксидные смолы и лаки на их основе, полиэфирные лаки, алкидные полимеры, отвердители-изоционаты,

рутин металл, полиамины и АГМ9, наполнители-каолин, тальк и другие органоминеральные ингредиенты.

Предметом исследования является исследование и влияние закономерности возникновения внутренних напряжений в покрытиях и на основе их результатов, разработать новый силовой способ и оригинальную установку, позволяющие получать композиционные полимерные и лакокрасочные покрытия с пониженными внутренними напряжениями и повышенными физико-механическими свойствами и долговечностью, а также исследования возникновения и понижения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных материалах и покрытиях на их основе путем регулирования увеличению адгезионных и прочностных свойств, позволяющих повышения работоспособности и долговечности получаемых покрытий.

Методы исследования. Внутренние напряжения полимерных и лакокрасочных покрытий определялись на созданной установке основанной на консольном и силовом методе, а физико-механические свойства покрытий изучались общепринятыми методами и установками, а также применены современные физико-химические методы анализа, в том числе вискозиметрия, сталогмометрия, консольный метод, а также стандартные методы анализа, принятые в других странах СНГ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

развивая консольный метод определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях предложен силовой способ определения внутренних напряжений в покрытиях на упругой металлической подложке по усилению, действующему на пружину при выходе образца в исходное положение микрометрическим витом. Зачёт усиления пружины определяется величина внутренних напряжений покрытий. При этом пружина работает на сжатие, развиваемое концом консольно закрепленного образца;

на основе предлагаемого силового способа разработана, сконструирована и создана универсальная установка для измерения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях как силовым, так и консольным методом в условиях температуры и на воздухе;

установлены механизмы возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях. Причиной возникновения внутренних напряжений является замедление релаксационных процессов в системе, обусловленное неравномерным отверждением отдельных слоев вследствие неоднородной скорости протекания полимеризации, начиная с градиента температуры или влагосодержанием полимера с поверхностью твердых тел - подложкой, наполнителями, армирующими материалами. С увеличением прочности взаимодействия на границе полимер-подложка или полимер-наполнитель внутренние напряжения резко возрастает;

показано, что внутренние напряжения можно определять усадкой студней, образующихся в процессе формирования полимерных и лакокрасочных покрытий, и начинают появляться после их образования

вследствие торможения релаксационных процессов. В связи с этим на внутренние напряжения в покрытиях оказывают влияние факторы, определяющие скорость процесса студнеобразования. К числу таких факторов кроме концентрации исходного раствора относится влияние природы растворителя и различных структурирующих добавок;

разработан оптимальный состав композиционных полимерных, лакокрасочных материалов и покрытия на их основе с пониженными внутренними напряжениями и высокими адгезионными и прочностными характеристиками, позволяющий повысить долговечность в различных условиях;

обосновано возможности регулирования и понижения внутренних напряжений полимерных и лакокрасочных покрытиях влиянием образующихся над молекулярной структуры в объем покровной пленке и на границе адгезия субстрата –подложки, а также толщины покрытия; установлено, корреляция между образованиям и понижением внутренних напряжений и адгезионно- прочностных свойств, позволяющих определить повышение долговечности полимерных и лакокрасочных покрытий;

предлагается технология получения полимерных и лакокрасочных материалов, позволяющая получение покрытий на их основе с пониженными внутренними напряжениями и высокими адгезионно-когезионными прочностными свойствами и соответственно долговечностью.

Практические результатов исследования заключаются в следующем:

на основе результатов исследований разработан силовой способ и оригинальная установка для определения внутренних напряжений полимерных и лакокрасочных покрытий, позволяющие определить внутренние напряжения покрытий высокой точности;

разработана сконструирована, создана и освоена на основе разработанного силового способа оригинальная установка, позволяющая определить внутренние напряжения в предлагаемым силовым способом при температурных условиях и на воздухе, обеспечивающая измерение с высокой точностью внутренние напряжения;

установлено применение органоминеральных ингредиентов в материале покрытия и подслоиных материалов на поверхности субстрата-подложки, который значительно позволил существенно снизить внутренние напряжений и повысить адгезионной прочности позволил получать полимерных и лакокрасочных покрытий высокой работоспособности и долговечности в эксплуатационных условиях.

Достоверность полученных результатов обоснована совокупностью использованных общеизвестных и разработанных методов и установок по определению внутренних напряжений полимерных в и лакокрасочных покрытиях, а также физико-механических их свойств.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в изучении закономерностей возникновения и накопления внутренних напряжений в

процессе формирования полимерных и лакокрасочных покрытий, что позволило разработать силовой метод, обеспечивающий высокую точность определения внутренних напряжений в покрытиях. Глубокие исследования процессов возникновения и снижения внутренних напряжений, а также повышения адгезионных и прочностных свойств обосновывают теоретически и практически прочность и долговечность полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что на основе силового метода определения внутренних напряжений в созданных полимерных и лакокрасочных покрытиях было разработано оригинальное устройство. Также предложена технология создания покрытий с определением внутренних напряжений в воздушной среде, сниженным уровнем внутренних напряжений, обладающих высокими адгезионно-когезионными прочностными характеристиками, а также повышенной прочностью и долговечностью. Эти покрытия предназначены для применения на рабочих органах сельскохозяйственных машин и механизмов.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов научных исследований достигнуто следующие:

разработан новый силовой метод и универсальная установка для определения внутренних напряжений с высокой точностью в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, являющихся критериями их долговечности, позволяющие определить внутренние напряжения в покрытиях на упругой металлической подложке по усилению, развиваемому концом консольное закрепленного образца;

разработан эффективный состав композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий с пониженными внутренними напряжениями, высокими адгезионными и прочностными свойствами и соответственно долговечностью. Проведены опытно производственные испытания и внедрены в деталях, конструкциях узлах и корпусов хлопкоуборочных машин, зерноуборочных комбайнов и различных тракторов в ООО «Кувамештех сервис» МТП Ферганской области (Справка №05/15-04-519 «O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGI VAZRLIGI» QISHLOQ XO'JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI от 15 октября 2024 года). В результате появилась возможность широко использовать в сельскохозяйственных и других машинах разработанные композиционные полимерные материалы в качестве покрытия с пониженным внутренним напряжением и высокой адгезионной прочностью;

разработан эффективный способ снижения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях и внедрен в ООО «Агросервис МТП» Наманганской области (Справка №05/15-04-519 «O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGI VAZRLIGI» QISHLOQ XO'JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI от 15 октября 2024 года). В результате появилась возможность увеличить долговечность лакокрасочных

покрытий, нанесенных в конструкциях и корпусах сельхозтехники в 1,8-2 раза благодаря снижению внутренних напряжений в 5-6 раз;

композиционные полимерные и лакокрасочные материалы в виде тонкослойного покрытия внедрены на поверхности тонкостенных металлических конструкций и корпусов хлопкоуборочных машин, зерноуборочных комбайнов и тракторов в ООО «Агросервис МТП» Наманганской области (Справка №05/15-04-519 «O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGI VAZRLIGI» QISHLOQ XO'JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI от 15 октября 2024 года). В результате появилась возможность повышать адгезионной прочности на 20-30%, а себестоимость используемых материалов снижать в 3-3,5 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были апробированы на 7 международных, 22 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По тематике диссертации опубликованы 43 научных работ. Из них 21 научных статей, в том числе 7 зарубежном журнале, и 14 в республиканских журналах, рекомендованный Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 180 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрения результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние теоретических и практических аспектов возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях и их влияние на работоспособность и долговечность»** приведены результаты анализа современных литературных источников о состоянии теоретических и практических аспектов возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных материалах и покрытиях, возможности их понижения и влияния на долговечность, а также существующие методы, приборы и установки для определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях.

Из литературных источников установлено, что одной из важных задач в этом направлении является создание композиционных полимерных лакокрасочных материалов и покрытий на их основе с низкими внутренними напряжениями, позволяющими повысить их долговечность и соответственно применение которых увеличит работоспособность и срок службы конструкций рабочих органов тонкостенных корпусов машин и механизмов. В связи с этим разработка эффективного способа и оригинальной установки для исследования внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных материалах и покрытиях, а также технологии их получения, позволяющих получать покрытия с пониженной внутренней напряженности и с высокой долговечностью на сегодняшний день приобретает важное значение и является актуальной проблемой.

Во второй главе диссертации **«Объекты и методы исследования для определения внутренних напряжений в композиционных полимерах и лакокрасочных покрытиях»** изложен и обоснован выбор объектов исследований для изучения внутренних напряжений, описана экспериментальная установка, методика получения и методы исследования физико-механических свойств полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий из них, а также статистическая обработка полученных экспериментальных результатов исследований.

В третьей главе диссертации **«Исследование и разработка нового силового метода и универсальной установки для определения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях и оценки их критерий долговечности»** приведены результаты исследований механизма возникновения внутренних напряжений в полимерных покрытиях, разработка способа и определение основных параметров установки для определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях, основанного на силовом методе.

С целью изучения механизма возникновения внутренних напряжений в первую очередь нами был изучен процесс отверждения композиции из 100 масс.ч эпоксидной Э-40 и 10 масс.ч полиэтилен полиамина. Покрытия и пленки отверждали при комнатной температуре.

Исследованием установлено что, процесс отверждения происходит в результате реакции между эпоксидными и амидными группами с образованием трехмерной химической структуры, приводящей к образованию усадки и соответственно возникновению внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, являющихся оценкой критерия долговечности которая подробно приведена в диссертации. Далее рассмотрим разработку силового способа определения внутренних напряжений в покрытиях. Развивая консольный способ определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях разработан силовой метод для определения внутренних напряжений на упругой металлической подложке.

Определение внутренних напряжений осуществляется следующим образом. На подложку прямоугольной формы длиной « l » и толщиной « t » наносится с одной стороны покрытие Δt . Образец одним концом неподвижно закрепляется в приборе. При отверждении покрытия в нем возникают растягивающие внутренние напряжения, которые изгибают подложку, отклоняя ее свободный конец от нулевого положения на величину « h » расчетная схема которых показаны на рисунки 1.

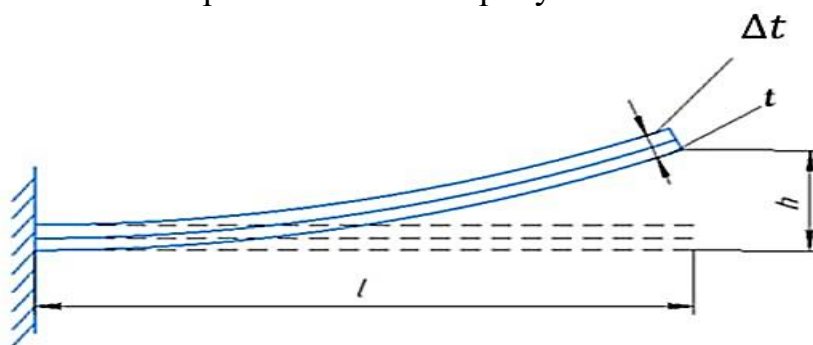


Рис.1. Расчетные схемы при определении внутренних напряжений консольным методом

Внутренние напряжения консольным методом, разработанным профессором Санжаровским определяются следующей формулой:

$$\sigma = \frac{hE_1 t^3}{3l^2(t+\Delta t)\Delta t} + \frac{hE_2(t+\Delta t)}{l^2} \quad (1)$$

Где, Δt -толщина покрытия;

t - толщина металлической подложки;

L -длина испытуемого образца - пластинки с покрытием;

B – ширина подложки;

h - величина отклонения подложки с покрытием от нулевого положения;

E_1 и E_2 – модуль упругости соответственно материала подложки и покрытия.

Учитывая возникающие принципы работы консольного метода, а также уменьшения натяжения пленки в связи с изгибом подложки при консольном методе, приводящих к изменениям условий протекания релаксационных процессов в пленке, на базе этого метода нами совместно с учеными и научными сотрудниками в ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова разработан силовой метод и сконструирована универсальная установка для измерения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях на упругой металлической подложке, которые определяются по усилию развиваемому концом консольно закрепленного образца.

При этом основные параметры и геометрические формы установки для изучения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях определены на основе исходных данных металлической подложки,

измерительных, отсчитывающих устройств по конструктивным соображениям.

Так, при фактическом снижении модуля упругости полимерных и лакокрасочных покрытий на 50 % ошибка при определении внутренних напряжений в них составит всего 0,8%, а при снижении модуля упругости металлической подложки на 80%-не более 1,5%.

Для разработки силового метода при определении значения Р-усилие, развиваемые свободным концом испытуемого образца возникающие в процессе отверждения полимерных и лакокрасочных покрытий на поверхности металлической пластинки, основным характеризующим показателем является деформационный модуль, роль которого исполняет обыкновенная стальная проволоочная пружина, конструкция которой показана на рис 2.

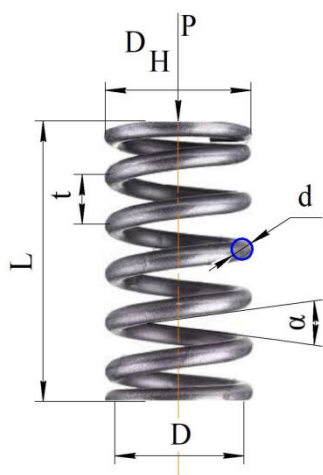


Рис. 2. Конструкция стальной проволоочной бытовой и цилиндрической пружины

Основными геометрическими параметрами винтовых цилиндрических пружин из проволоки круглого поперечного сечения являются:

- d-диаметр проволоки;
- D_н-наружный диаметр пружины;
- D-средний диаметр пружины;
- t-шаг пружины;
- α-угол подъема витков;
- Lб-длина развернутой пружины.

Необходимо отметить, что основной характеристикой пружины является ее податливость, величина которой прямо пропорциональна индексу пружины С. С индекс значение зависит от соотношения

$$C = D/d \quad (2)$$

от диаметра проволоки пружины и наружного диаметра пружины которые приведены ниже.

Таблица 1

Показатели пружинного провода

d	<2,5	3-6	6-12	C=D/d
C	5-12	4-10	4-9	

На основе силового метода разработана и сконструирована оригинальная установка, позволяющая определение с высокой точностью значения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях

На рис. 3. показана схема разработанной и изготовленной на основе силового метода установки для измерения внутренних напряжений в покрытиях.

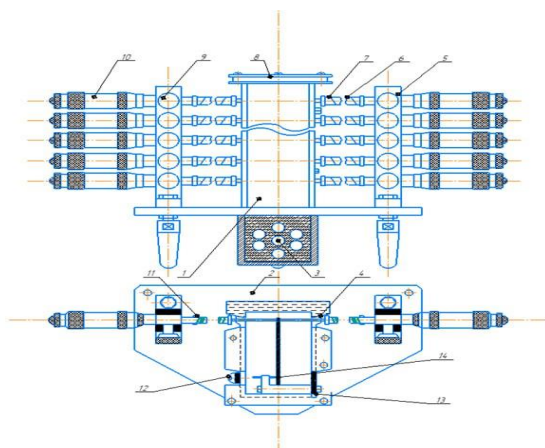


Рис. 3. Схема прибора типа ВУ.

- Корпус. 2. Основание. 3. Электронагревательный элемент. 4. Втулка. 5. Стойка. 6. Пружина тарированная. 7. Шток. 8. Рамка прижимная. 9. Винт прижимной. 10. Шпindel микрометра. 11. Колпачок. 12. Пробка. 13. Держатель. 14. Винт регулировочный

На разработанной установке внутренние напряжения определяются по усилию, действующему на пружину при выводе образца в исходное положение. За счет усилия пружины определяется внутреннее напряжение покрытий. При этом пружина работает на сжатие.

Прибор дает возможность определять внутренние напряжения одновременно на шести образцах. Он состоит из камеры, в которой может создаваться повышенная температура и среда водяного пара с температурой до 100 °С. В корпусе смонтирован нагревательный элемент 3.

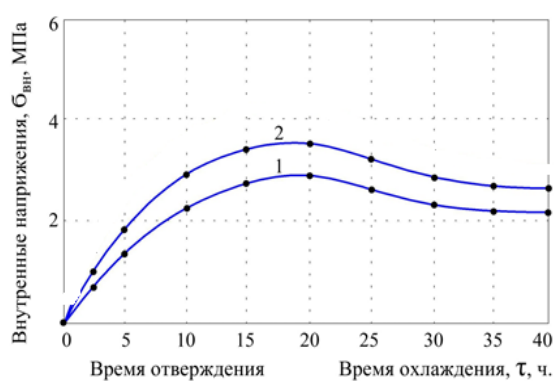
Испытуемые образцы закрепляются в вертикальном держателе 13, имеющем 6 гнезд для крепления образцов и 6 регулировочных винтов 14 для установки образцов в исходное, нулевое положение, определяемое риской на переднем стеклянном окне в корпусе. Регулировка через окно в корпусе, закрываемое затем пробкой 12. Свободный конец консольно закрепленной подложки упирается в шток, через который усилие передается на тарированную пружину 6. При помощи микрометрического винта пружина сжимается, создавая усилие, удерживающее свободный конец образца в нулевом положении. По величине деформации тарированной пружины, которая измеряется микрометрическим винтом, определяется усилие P , развиваемое свободным концом испытуемого образца. Усилие P определяется при не-изогнутом образце, что дает возможность изучить кинетику изменения внутренних напряжений при полном натяжении пленки, т. е. в условиях, приближающихся к эксплуатационным. Релаксационные процессы при этом протекают при напряжениях больших, чем при консольном методе.

Подложки для испытания на этом приборе изготавливаются также, как и при консольном методе из нержавеющей стали марки СТ Х 18 Н 9 толщиной 0,1 — 0,5 мм, шириной 10-20 мм и длиной 100 мм.

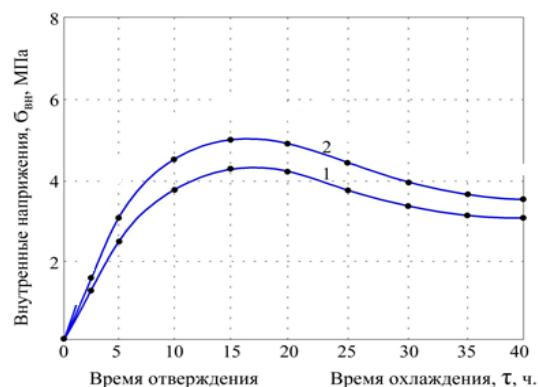
Для сравнения результатов исследований закономерности значения возникновения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях, отвержденных полиамидными и изоцианатовым отвердителями, от времени высыхания-отверждения, то есть кинетику их нарастания при формировании стирании полимерных и лакокрасочных покрытиях, температурных средах и охлаждении на воздухе, изучена как на установке,

основанного силового метода, таки на установке, основанного консольного метода.

На рисунке 4. (а и б) приведены зависимости внутренних напряжений в эпоксидных покрытиях из ЭД-20 (а) и эпоксидного лака (б) отвержденного полиамидным отвердителем ПО-220 а на рис 4 приведены значения внутренних напряжений в покрытиях отвержденных при температуре 160 °С в течение 25 часов и при охлаждении на воздухе при 20 °С 15 часов. определенные на двух установках: установка основанная на консольном методе и установка, основанная силовом методе.



а)



б)

1. внутренние напряжения в покрытиях определены консольным методом

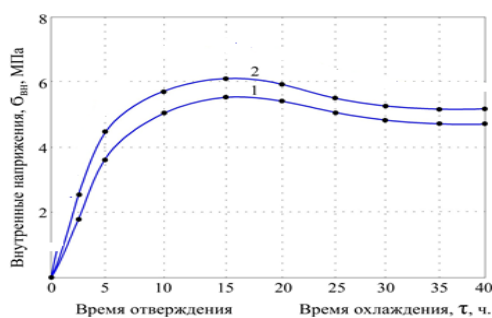
2. внутренние напряжения в покрытиях определены силовым методом

Рис.4. зависимость изменения внутренних напряжений при отверждении эпоксидных покрытий из ЭД-20 (а) и из Э-4 (б) с полиамидным отвердители ПО-220 при 160 °С в течение 25 часов и охлаждении на воздухе от 25 до 40 часов или 15 часв. внутренние напряжения в покрытиях определен консольным методом: внутренние напряжения в покрытиях определены силовым методом:

Как видно из рисунка 4 внутренние напряжения в покрытиях в зависимости от времени отверждения имеют экстремальный характер. Проходя через максимум. Сначала до 15 и 20 часов времени отверждение увеличивается, потом при охлаждении в течение 15-40 часов внутренние напряжения медленно снижаются. При этом, значение внутренних напряжений измеренны на установке, основанной на силовом методе. При этом максимумы увеличения внутренних напряжений на обеих установках находятся в пределах 2,5 и 3,8 МПа соответственно.

На рисунке 5. привезены зависимости изменения внутренних напряжений в покрытиях из лака на основе Э-41 отвержденных отвердителем изоцианатовом 102 Т при 160 °С в течение 25 час и охлажденных на воздухе при 20 °С в течение 15 час.

На рис 5. также наблюдается изменение внутренних напряжений в покрытии из лака на основе Э-41, отвержденном изоцианатовым отвердителем 102 Т. При этом высокие значение внутренних напряжения в покрытиях наблюдаются при их отверждении в течение 15-20 часов и они находятся в пределах 4,0 и 4,9 МПа. соответственно.



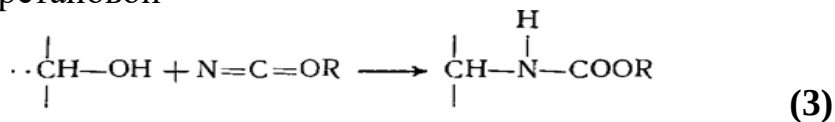
1-Установка основанная консольна методе; 2- Установка основанная силовом методе
Рис 5 Зависимость изменения внутренних напряжений при отверждении лака на основе Э-41 с изоциантовым отвердителем 102 Т при 160 °С в течение 25 час. и охлажденный на воздухе при 20 °С на в течение 15 час.

Анализируя результаты исследований из рисунков 4 и 5. можно отметить, что значение внутренних напряжений у исследованных покрытий из ЭД-20 с полиамидным отвердителем ПО-220, эпоксидного лака Э-41, отвержденных, также полиамидным отвердителем ПО-220 и эпоксидного лака на основе Э-41, отвержденного с изоциановым отвердителем 102Т показывает, что преимуществом нового силового метода является то, что точность измерения величины внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях наблюдается на установке, основанной на силовом методе, оказалось выше, чем определенных внутренних напряжений в покрытиях консольным методом. Именно это приводит к не правильному оценочному результату их долговечности при консольном методе.

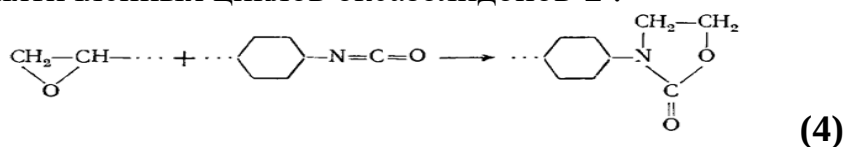
В связи с этим мы рекомендуем исследование внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях проводить в основном на установке силового метода.

Необходимо также отметить, что результаты исследований из рис 3 и 4. показывают, что в покрытиях из эпоксидных смол, отвержденных изоцианатами, возникают внутренние напряжения в 1,5—1,6 раза больше, чем при использовании отвердителей аминного характера. Причина этого явления обусловлена формированием более густой пространственной сетки между структурными элементами при использовании изоцианатных отвердителей.

Известно, что при отверждении эпоксидной смолы изоцианатами гидроксильные группы смолы взаимодействуют с изоцианатными группами с образованием уретановой

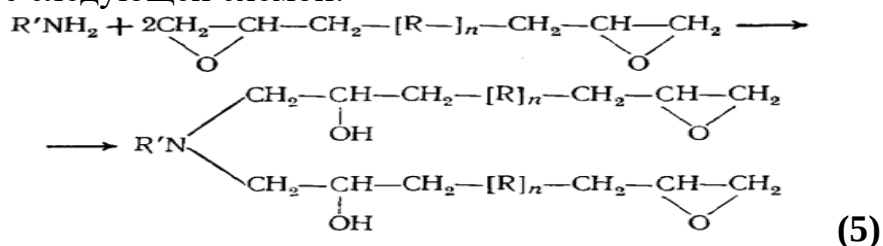


Эпоксидная группа также способна взаимодействовать с изоцианатами с образованием пятичленных циклов оксазолидонов-2 :

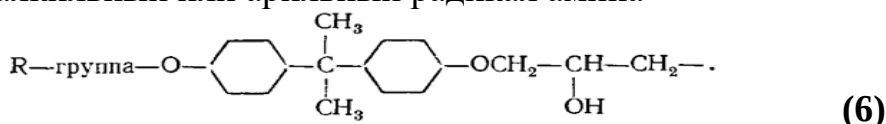


В случае применения аминных отвердителей гидроксильные группы не участвуют в химическом взаимодействии. Отверждение осуществляется в результате взаимодействия эпоксидных групп с первичными и вторичными аминами.

Эпоксидная смола, отвержденная аминами, имеет строение, представленное следующей схемой:



где R' - алкильный или арильный радикал амина



Таким образом, освоена созданная оригинальная установка для изучения и определения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях. При этом экспериментальным путем выявлено что установка, основанная на силовом метода определяет значение внутренних напряжений в покрытиях с более высокой точною, чем установка, основанная на консольном методе.

В четвертой главе диссертации «Исследование внутренних напряжений, возникающих в полимерных и лакокрасочных покрытиях от влияния различных факторов и их анализ» для исследования механизма возникновения внутренних напряжений в покрытиях использовали эпоксидную смолу ЭД-40, а в качестве отвердителя - полиэтиленполиамин в количестве 10 ч. (масс.) на 100 ч. (масс.) смолы. Покрытия и пленки отверждали при комнатной температуре. Отверждение происходит в результате реакции между эпоксидными и аминными группами с образованием трехмерной химической структуры и приведет возникновению внутренних напряжений (рис. 6).

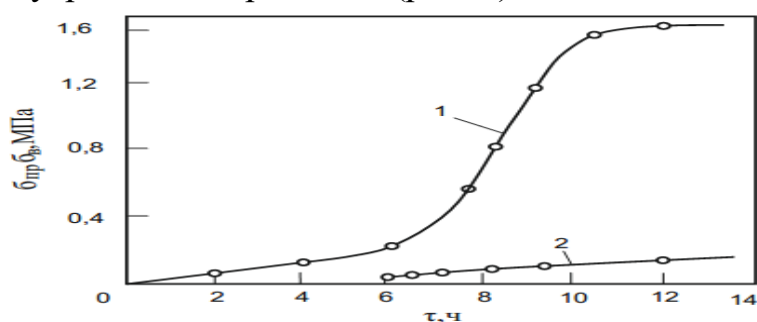


Рис. 6. Зависимость предельных $\sigma_{пр}$ (1) и действительных $\sigma_{в}$ (2) внутренних усадочных напряжений в покрытиях из эпоксидной смолы Э-40 от времени отверждения τ

Параллельно консольным методом исследовали действительные внутренние напряжения в этих покрытиях (рис. 6, кривая 2). Их значения после 17 ч отверждения составляли 0,1- 0,15 МПа, т. е. были меньше предельных в 10-15 раз.

Таким образом, в эпоксидных покрытиях, отвержденных трехмерной структурой при комнатной температуре, возникает и накапливается внутренние напряжения.

Следует отметить, что при нагревании, когда подвижность цепей макромолекул увеличивается в результате теплового движения, глубина отверждения растет.

Как известно внутренние напряжения возникают как в покрытиях, сформированных на подложках, так и в свободных пленках и блочных материалах. Причиной возникновения внутренних напряжений является замедление релаксационных процессов в системе, обусловленное неравномерным отверждением отдельных слоев вследствие неодинаковой скорости протекания поликонденсации или, наличия градиента температуры или влагосодержания или взаимодействием полимера с поверхностью твердых тел - подложкой, наполнителями, армирующими материалами. Для полимерных покрытий решающее влияние на незавершенность релаксационных процессов оказывает взаимодействие полимера с подложкой.

Внутренние напряжения как критерий незавершенности релаксационных процессов существенно зависят от физического состояния полимеров. На рис. 8 приведены данные об изменении внутренних напряжений при нагревании покрытий с трехмерной структурой, полученных на основе эпоксидных смол и ненасыщенных олигоэфиров. Внутренние напряжения измерялись поляризационно-оптическим методом.

Видно, что при температуре 20°C, т. е. ниже температуры стеклования, которая для исследованных покрытий в зависимости от их химического состава составляет 40—80 °C, внутренние напряжения составляют 3—23 МПа. Низкие значения внутренних напряжений эпоксидных покрытий наблюдается от -20 до +40°C. При нагревании их до 80°C, т. е. выше температуры стеклования, наблюдается постепенное понижение внутренних напряжений до 0,1 —0,5 МПа.

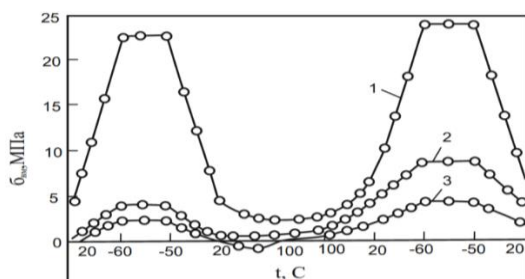


Рис. 7. Изменение внутренних напряжений в процессе прогрева и охлаждения покрытий из эпоксидной смолы ЭД-20 (1) и полиэфирных лаков ПЭ-220 (2) и ПЭ-29 (3)

Для сравнения величины возникающих внутренних напряжений и других физико-механических свойств эпоксидных покрытий с полиэфирными и алкидными покрытиями нами проведены дальнейшие исследования.

Существенное влияние на величину внутренних напряжений оказывает молекулярная масса молекул пленкообразующего, влияющая на их гибкость и конформацию и структурно-механические свойства системы. В табл. 2 приведен состав и характеристика диановых эпоксидных смол, широко применяемых для получения покрытий, и физико-механические свойства покрытий на их основе, полученных при термическом отверждении.

Таблица 2

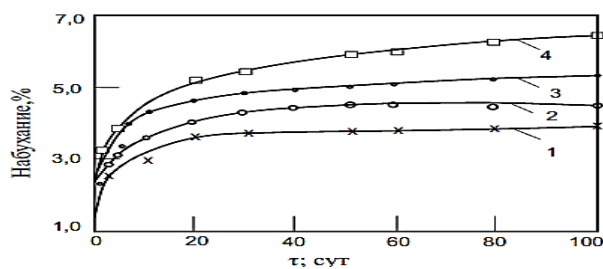
Физико – механические свойства покрытий на основе диановых эпоксидных смол

Молекулярная масса	Содержание эпоксидных групп, %	Содержание гидроксильных групп, %	Е, ГПа	σ_v , МПа	σ_p , МПа
300-400	24,8-21,5	0,1-0,8	2,7	10-20	30-40
400-600	21,5-14,5	0,8-2,5	2,7	8-15	30-40
600-800	14,5-10,0	2,5-4,6	2,5	5-10	25-30
800-1000	10,0-8,0	4,6-5,1	1,8-2,5	2-4	20-25
1000-1400	8,0-6,0	5,1-6,0	2,5	2-4	30-34
1400-1800	6,0-4,0	6,0-6,5	3,0	1-3	30-34
1800-3500	4,0-2,0	6,5-6,8	3,2	1-2	30-35

Из таблицы видно, что по мере увеличения молекулярной массы внутренние напряжения уменьшаются.

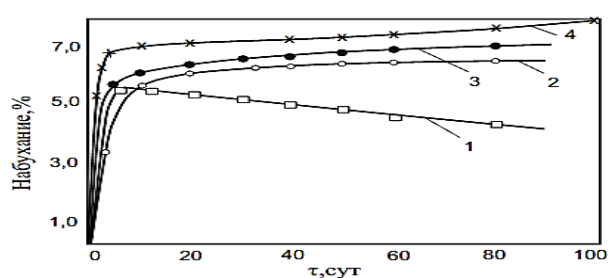
Можно было предположить, что уменьшение внутренних напряжений по мере увеличения молекулярной массы эпоксидов связано с уменьшением числа эпоксигрупп, участвующих в полимеризации, и с образованием менее густой пространственной сетки.

В то же время число химических связей не определяет однозначно набухаемость пленок и покрытий в растворителях, существенным является характер их распределения (рис. 8, 9).



1 - Э-41; 2 – Э-33; 3 – Э-44; 4 – Э-49

Рис. 8. Стойкость покрытий на основе эпоксидных лаков, отвержденных продуктом 102 Т, в метаноле при 20°C



1 - Э-49; 2 – Э-44; 3 – Э-33; 4 – Э-41

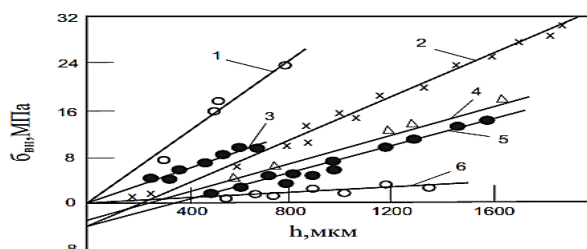
Рис. 9. Стойкость покрытий на основе эпоксидных лаков, отвержденных аминным отвердителем, при 20°C: 102 Т, в метаноле

При использовании аминных отвердителей покрытия, сформированные в течение 1 ч при 20 °С и 2 ч при 160 °С, с увеличением молекулярной массы смолы набухают в спиртах меньше. Для покрытий, отвержденных изоцианатами в этих же условиях, наблюдается обратная зависимость набухаемости от молекулярной массы: с уменьшением молекулярной массы набухание понижается.

Таким образом, между набуханием и плотностью пространственной сетки не существует однозначной зависимости. Эти результаты свидетельствуют о

существенном влиянии на величину внутренних напряжений не только числа и природы связей, но и характера их распределения в системе.

Значительное влияние на свойства покрытий оказывают грунтовочные и порозаполняющие составы, модифицирующие поверхность субстрата. При применении выпускаемых промышленностью грунтов и порозаполняющих составов в ряде случаев наряду с понижением внутренних напряжений уменьшается адгезия покрытий к субстрату и снижается их долговечность, результаты исследований которые показаны на рис. 10.



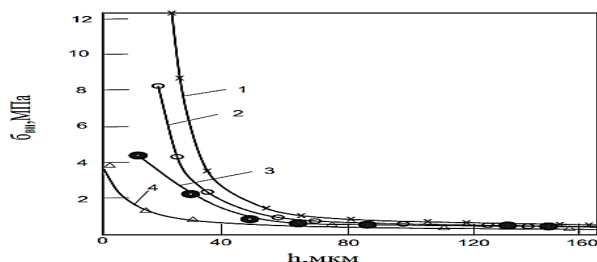
1-шпатлевкой ПЭШ; 2- поливинилацетатным грунтом ПВАК; 3 - грунтом М-60; 4- грунтом ГТВА; 5- без обработки; 6- КФ-1

Рис. 10. Зависимость внутренних напряжений от вида грунтов и толщины покрытий из лака ПЭ 220

Эффективными считаются такие грунтовочные и порозаполняющие составы, которые существенно понижают величину внутренних напряжений и способствуют увеличению запаса адгезионной и когезионной прочности системы.

Нами для модифицирования поверхности подложки, использован грунтовые составы на основе бутадиен-стирольных каучук, позволяющий резко увеличить запас адгезионной и когезионной прочности покрытий, применительно к полимерным покрытиям. Значительное снижение внутренних напряжений осуществлялось при модифицировании поверхности подложки эластомером, отличающимся высокой адгезией к покрытию и подложке. Это достигается, как уже отметили выше при использовании грунтовочных составов на основе бутадиен-стирольных каучуков.

На рисунке 11 приведен зависимость внутренних напряжений при формировании эпоксидных покрытий от толщины подслоя из СКС-50 (1), СКН-40 (2), СКД-1 (3) и СКН-18 (4), а также при формировании различных эпоксидных и полиэтиленовых покрытий.



1-3-эпоксидных, 4-полиэтиленовых
Рис. 11. Зависимость внутренних напряжений при формировании эпоксидных покрытий от толщины подслоя из СКС-50 (1), СКН-40 (2) и СКД-1 (3) и СКН-18 (4) и при формировании различных покрытий:

Как видно из рисунка 11, что при использовании эластичного подслоя резкое понижение внутренних напряжений при формировании покрытий наблюдается только при оптимальной его толщине. С уменьшением толщины подслоя до 30-40 мкм указанные полимеры теряли свои высокоэластические свойства и не обеспечивали релаксации внутренних напряжений при формировании на поверхности их покрытий. Показано, что причина этого

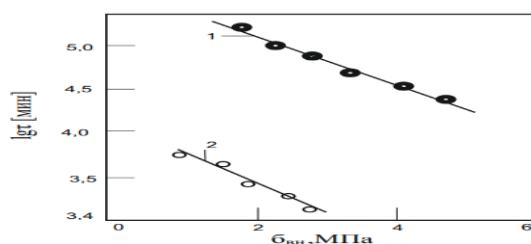
явления связана с особенностями надмолекулярной структуры тонких пленок и зависимостью ее от толщины покрытия.

Грунтовочные и порозаполняющие составы, применяемые для улучшения качества отделочного покрытия, не только оказывают влияние на декоративные свойства покрытий и расход лака, но и значительно изменяют величину внутренних напряжений и долговечность покрытий в различных условиях их эксплуатации.

Таким образом, при прочих равных условиях существенное влияние на величину внутренних напряжений оказывает толщина и виды грунтовочного подслоенной грунтовки для подложки, природа связей, определяющих прочность адгезионного взаимодействия, и характер их распределения на границе раздела.

В пятой главе диссертации «Исследование и разработка композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий с повышенной долговечностью машиностроительного назначения путем понижения внутренних напряжений в них» приведены результаты исследований о структурирование полимерных покрытий под действием тепла, света и влаги, обуславливающие линейное нарастание энергии разрушения с увеличением внутренних напряжений, а также возрастающие внутренние напряжения в свою очередь влияет на долговечность покрытий.

На рисунке 12, приведении зависимости долговечности от внутренних напряжений при старении алкидных покрытий.



1 — в воде при 20 °C;
2 — на воздухе при 180 °C

Рис. 12. Зависимость долговечности от внутренних напряжений при старении алкидных покрытий:

В таблице 3 приведены составы разрабатываемых композиционных полимер–полимерных лакокрасочных материалов для получения декоративных и антикоррозионных покрытий пониженными внутренними напряжениями, обеспечивающих высокой долговечности им.

Таблица 3

Рекомендуемые эффективные составы и свойства разработанных композиционных полимерных и лакокрасочных материалов на основе эпоксидных, полиэфирных и алкидных полимеров для применения в сельхозмашиностроении

Марки	ПЛКМ-1		ПЛКМ-2		ПЛКМ-3		ПЛКМ-4	
Виды полимеров	ЭД-20	ПЭ-220	ЭД-20	Алкидных	Э-41	ПЭ-220	Э-41	Алкидных
Содержания компоненты композиции масс.ч.	40	60	50	50	60	40	70	30
Внутренние напряжения $\sigma_{вн}$, МПа	2,8		2,2		1,4		0,8	
Разрывная прочность $\sigma_{рн}$, МПа	84,0		82,0		56,0		45,0	

В таблице 4 приведены результаты исследований по определению свойств композиционных полимерных и лакокрасочных покрытий, субстрат которых обработан грунтовками.

Таблица 4

**Свойства эпоксидных, полиэфирных и алкидных покрытий
грунтованных с СКД-1 и КФ-1 подслоям**

Марки	ПЛКМ-1	ПЛКМ-2	ПЛКМ-3	ПЛКМ-4
Внутренние напряжения $\sigma_{вн}$, МПа	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	0,08 – 0,10	0,03 – 0,05
	0,8 – 1,0	0,5 – 0,6	0,1 – 0,4	0,09 – 0,10
Разрывная прочность $\sigma_{рп}$, МПа	82,0	80,0	55,0	43,5

Таким образом, на основе полученных результатов, можно отметить, что разработкой термореактивных полимер-полимерных композиций и применением грунтовки на поверхности твердого субстрата-подложке, в результате которого осуществляется существенное понижение внутренних напряжений в покрытиях, приводящих к повышению их долговечности.

В шестой главе диссертации **«Практические и экономические аспекты применение разработанных машиностроительных композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий в деталях конструкций, узлов, и корпусов хлопкоуборочных машин, зерноуборочных комбайнов и различных тракторов в процессе при землеобработке и уборке сельскохозяйственных продуктов»** приведена проблемы разработки эффективной технологии получения композиционных полимерных и лакокрасочных материалов на основе местного и вторичного сырья с пониженными внутренними напряжениями применяемые в деталях сельскохозяйственной технике, которые являются одним из перспективных направлений в области разработки технологии получения эффективных составов для композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий на их основе.

На рис. 13 представлены научно-методические принципы получения композиционных полимерных и лакокрасочные материалов на основе термореактивных эпоксидных, полиэфирных и алкидных покрытий, а также полимеров и органоминеральных ингредиентов состоящих из следующих стадий технологических процессов.

В ООО «Агросервис МТП» Попского района Наманганской области на ремонт 135 шт. техники будет использовано 2025 кг импортного сырья. На ремонт одной единицы оборудования расходуется 15 кг продукта. На ремонт 135 станков будет использовано 2025 кг импортных товаров, что составляет $2025 \text{ кг} \times 80\,000 = 162\,000\,000$ сумов. При использовании предлагаемого товара было израсходовано $135 \times 15 \text{ кг} = 2025 \text{ кг} \times 20\,500 = 41\,512\,500$ сум, только при разнице в стоимости продукции экономический эффект составил $162\,000\,000 - 41\,512\,500 = 120\,487\,500$ сум.

При замене 1000 кг импортируемого Российского композиционного полимерного, лакокрасочного материала и покрытий, применяющегося в

настоящее время, на композиционный полимерный, лакокрасочный материал и покрытия на основе органоминеральных ингредиентов из местного сырья и отходов производств, экономическая эффективность будет составлять:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2 = 85\,000 - 30\,000 = 55\,000 \text{ сум.}$$

где $\mathcal{C}_1$ – цена 1 кг существующего импортируемого композиционного полимерного лакокрасочного материала и покрытий, применяющегося в настоящее время;

$\mathcal{C}_2$ – цена 1 кг предлагаемого композиционного полимерного лакокрасочного материала и покрытий на основе местного сырья и отходов производств.

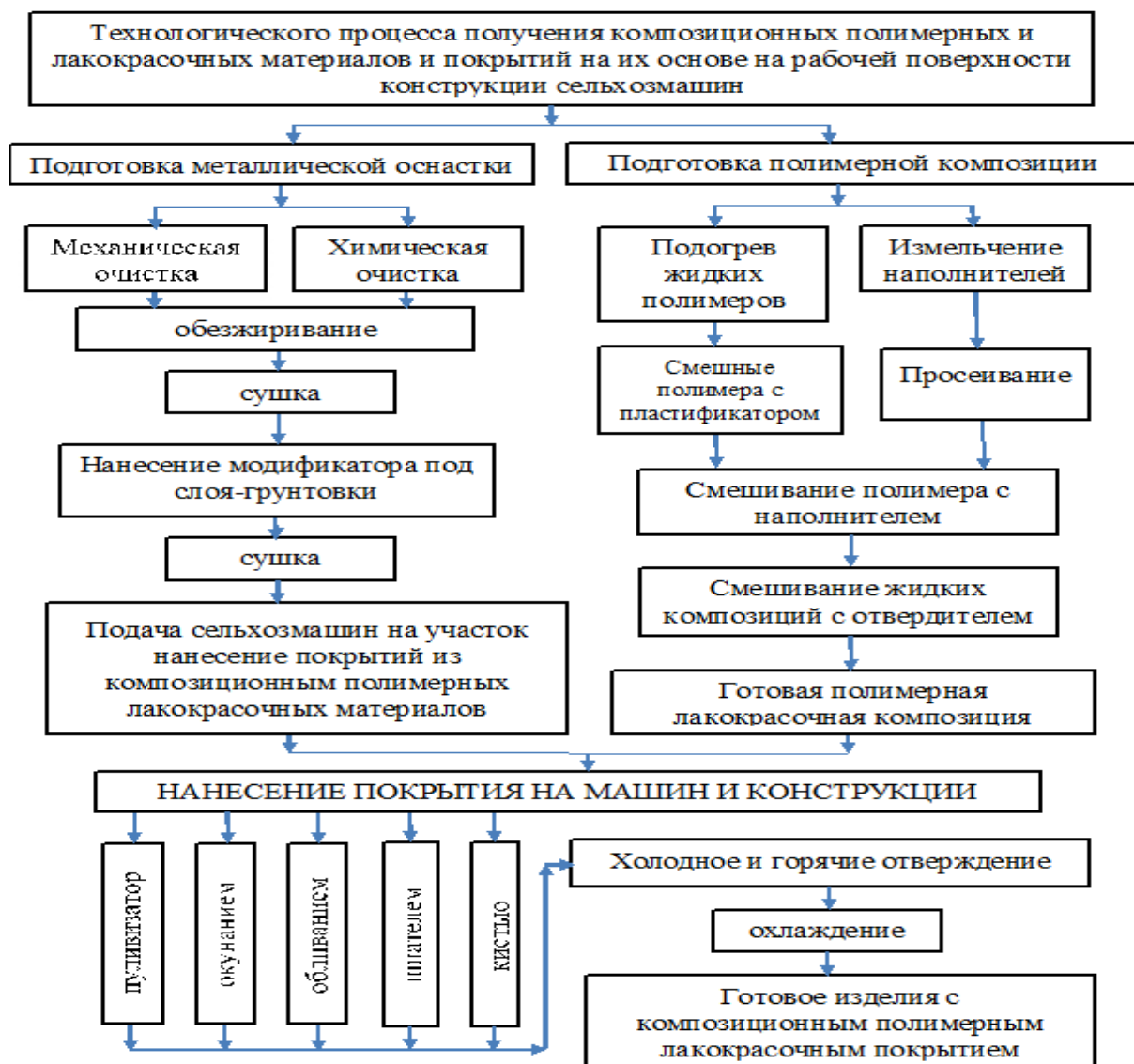


Рис. 13. Научно-методические и технологические принципы технологии получения композиционных полимерных и лакокрасочных материалов и покрытий из них на поверхности конструкции машин

При проведении опытно-промышленного испытания на ООО «Кувамаштех сервис МТП», израсходовали всего 420 кг композиционного

полимерного, лакокрасочного материала и покрытий на основе местного сырья и отходов производств.

Таким образом, суммарная ожидаемая экономическая эффективность при нанесении их на поверхности тонкостенных металлических конструкций и корпусов в хлопкоуборочных машинах, зерноуборочных комбайнах и тракторах в условиях ООО «Кувамаштех сервис МТП», при общем расходе композиционного полимерного, лакокрасочного материала и покрытия в среднем 1000 кг только взамен существующих составов полимерного, лакокрасочного материала и покрытия на новый композиционный полимерный, лакокрасочный материал и покрытия на основе местного сырья и отходов производств будет составлять 55 000 000 сум.

Следует отметить, что в Республике Узбекистан функционируют более 120 предприятий UZAGROSERVIS. При применении разработанных композиционных полимерных и лакокрасочных материалов в виде покрытия конструкций в корпусах и других деталях хлопкоуборочных машин, зерноуборочных комбайнов и тракторах по 1000 кг для каждого из них при общем расходе 120 тонн только взамен импортируемых полимерных и лакокрасочных материалов экономический эффект будет составлять 6.6 млрд. сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны методологические основы возникновения и понижения внутренних напряжений с высокой точностью в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях машиностроительного назначения, являющихся критерием их работоспособности и долговечности.

2. Разработан и зарегистрирован в Агентстве по техническому регулированию Национальный стандарт Узбекистана, метод и универсальная установка для определения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях (Ts 14952796-01:2023.) для определения внутренних напряжений с более высокой точностью в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях по сравнению с установкой, основанной на консольном методе.

3. Установлено, что причиной возникновения внутренних напряжений в покрытиях является замедление релаксационных процессов в системе полимер-субстрат, т.е. резкое увеличение внутренних напряжений по мере увеличения адгезионной прочности при взаимодействии скорости процесса полимеризации, температуры, градиента влажности или поверхности пленки покрытия и субстрата с наполнителями или армирующими материалами в различных слоях покрытия.

4. Разработанный метод и универсальное оборудование были апробированы при исследовании возникновения и накопления внутренних напряжений в эпоксидных, полиэфирных и алкидных покрытиях и

установлено, что при использовании отвердителей на основе изоцианата внутренние напряжения в 1,5-2 раза выше, чем у аминных отвердителей.

5. Установлено, что для снижения внутренних напряжений в полимерных покрытиях важно применение различных активных промежуточных слоев, при этом применение грунтовки и пористых заполнителей на поверхности металлических субстратов оказывает существенное влияние не только на декоративные свойства или расход покрытия, но и на величину внутренних напряжений и срок службы.

6. Разработана технология получения новых эффективных композиций полимерно-полимерных покрытий с декоративно-защитными свойствами на основе эпоксидных и полиэфирных смол, эпоксидных и алкидных смол, эпоксидного лака Э-41 и полиэфирного лака 220, эпоксидного лака Э-41 и алкидной смолы, КЛМК-1, КЛМК-2, КЛМК-3, КЛМК-4.

7. На основании проведенных исследований установлено, что разработанные покрытия увеличивают срок службы в 2-2,5 раза, снижают внутренние напряжения в 6-7 раз, повышают адгезионную прочность на 20-30%, а прочностные свойства на 50-55%.

8. Разработана оригинальная технология получения эффективных композиционных полимерных материалов и покрытий с высокими физико-механическими и прочностными свойствами с использованием местного и вторичного сырья.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 ON AWARDING
THE ACADEMIC DEGREES OF THE STATE UNITARY ENTERPRISE
«FAN VA TARAKKIYOT» AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY named after ISLAM KARIMOV**

**STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»
OF TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
named after ISLAM KARIMOV**

TOJIBOEV BEGIJON MAMITJONVICH

**METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF THE FORMATION AND
REDUCTION OF INTERNAL STRESSES IN THE FORMATION OF
COMPOSITE POLYMER AND PAINT COATINGS FOR MECHANICAL
ENGINEERING PURPOSE, ALLOWING THE DEVELOPMENT OF
EFFECTIVE COMPOSITIONS AND THE TECHNOLOGY OF THEIR
PRODUCTION**

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

**DISSERTATION ABSTRACT
OF DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

Tashkent – 2025

The theme of dissertation Doctor of Sciences (DSc) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.DSc/T775.

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

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

Research supervisors:

Negmatov Saibjan Sadikovich

doctor of technical sciences, professor, academician of the Academy of sciences of the Republic of Uzbekistan, Honored Scientist of the Republic of Uzbekistan

Abd Nodira Soyibjanovna

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Risqulov Alimjon Axmadjanovich

doctor of technical sciences, professor

Karshiyev Mamaraim Sanayevich

doctor of technical sciences, docent

Xolmuradova Dilafruz Kuvatovna

doctor of technical sciences, professor

Leading organization

Tashkent Chemical-Technological Institute

The defense will take place on «26» of March 2025 year at 14³⁰ at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State Technical University named after Islam Karimov at State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (71) 246-39-28/(71) 227-12-73; ye-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Recourse Centre of the State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot» (is registered under №41-24). (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (71) 246-39-28/ (71) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «14» March 2025 year
(mailing report №41-24 on 12 november 2025 year).



T.O. Kamolov

Chairman of the one-time scientific council for awarding scientific 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

Member of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION

[abstract of the dissertation of Doctor of Science(DSc)]

The aim of the study is the development of an effective method and a universal installation for studying internal stresses in polymer and paint coatings, which are a criterion for their durability, and the creation of a technology that allows obtaining coatings with reduced internal stresses and high physical and mechanical properties and durability.

The object of research are epoxy resins and varnishes based on them, polyester varnishes, alkyd polymers, hardeners-isocyanates, rutin metal, polyamines and AGM9, fillers-kaolin, talc and other organomineral ingredients.

The scientific novelty of the research work:

developing the cantilever method for determining internal stresses in polymer and paint coatings, a force method for determining internal stresses in coatings on an elastic metal substrate is proposed by the reinforcement acting on the spring when the sample comes out to its original position with a micrometer twist. Taking into account the spring reinforcement, the magnitude of the internal stresses of the coatings is determined. In this case, the spring works on the compression developed by the end of the cantilever-fixed sample;

based on the proposed force method, a universal installation for measuring internal stresses in polymer and paint coatings using both the force and console methods under temperature conditions and in air has been developed, designed and created;

the mechanisms of occurrence of internal stresses in polymer and paint coatings have been established. The reason for occurrence of internal stresses is slowing down of relaxation processes in the system, caused by uneven curing of individual layers due to non-uniform rate of polymerization, starting with temperature gradient or moisture content of polymer with surface of solids - substrate, fillers, reinforcing materials. With increase of interaction strength at the polymer-substrate or polymer-filler boundary, internal stresses increase sharply;

it is shown that internal stresses can be determined by the shrinkage of gels formed during the formation of polymer and paint coatings, and begin to appear after their formation due to the inhibition of relaxation processes. In this regard, internal stresses in coatings are affected by factors that determine the rate of gel formation. In addition to the concentration of the initial solution, such factors include the influence of the nature of the solvent and various structuring additives;

an optimal composition of composite polymer, paint and varnish materials and coatings based on them with reduced internal stress and high adhesive and strength characteristics has been developed, allowing for increased durability in various conditions;

the possibility of regulating and reducing internal stresses of polymer and paint coatings by influencing the formation of super-molecular structures in the volume of the coating film and at the adhesion boundary of the substrate-substrate, as well as the thickness of the coating, has been substantiated; a correlation has been established between the formation and reduction of internal stresses and adhesive strength properties, allowing one to determine an increase in the durability of polymer and paint coatings;

a technology is proposed for obtaining polymer and paint and varnish materials, allowing the production of coatings based on them with reduced internal stresses and high adhesive-cohesive strength properties and accordingly durability.

Implementation of research results. Based on the results of scientific research, the following has been achieved:

A new force method and universal installation for determining internal stresses with high accuracy in composite polymer and paint coatings, which are the criteria for their durability, have been developed, allowing to determine internal stresses in coatings on an elastic metal substrate by the reinforcement developed by the end of a cantilever fixed sample. As a result, the standard of Uzbekistan has been developed and registered. Methods for determining internal stresses in composite polymer and paint coatings. (Ts 14952796-01:2013 as a result, a force method and an improved installation have been developed for determining internal stresses with high accuracy in composite polymer and paint coatings for mechanical engineering purposes.):

an effective composition of composite polymer and paint and varnish materials and coatings with reduced internal stress, high adhesive and strength properties and, accordingly, durability has been developed. Pilot production tests were carried out and implemented in parts, structures, units and bodies of cotton pickers, grain harvesters and various tractors in Kuvameshtekh Service LLC of the Fergana Region MTP (Certificate №05/15-04-519 "O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO`JALIGI VAZIRLIGI" QISHLOQ XO`JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI dated October 15, 2024). As a result, it became possible to widely use the developed composite polymer materials in agricultural and other machines as a coating with reduced internal stress and high adhesive strength;

an effective method for reducing internal stresses in polymer and paint coatings has been developed and implemented in Agroservis MTP LLC in the Namangan region (Certificate №05/15-04-519 "O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO`JALIGI VAZIRLIGI" QISHLOQ XO`JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI dated October 15, 2024). As a result, it became possible to increase the durability of paint coatings applied to the structures and bodies of agricultural machinery by 1,8-2 times due to a reduction in internal stresses by 5-6 times;

composite polymer and paint and varnish materials in the form of a thin-layer coating have been introduced onto the surface of thin-walled metal structures and bodies of cotton pickers, grain harvesters and tractors at Agroservis MTP LLC in the Namangan region (Certificate №05/15-04-519 "O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO`JALIGI VAZIRLIGI" QISHLOQ XO`JALIGI BILIM VA INNOVATSIYALAR MILLIY MARKAZI dated October 15, 2024). As a result, it became possible to increase the adhesive strength by 20-30%, and reduce the cost of the materials used by 3-3,5 times.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 180 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАРИ РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Б.М.Тожибоев. Вопросы улучшения прочностных свойств полимерных композиционных покрытий. // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. № 12 (93), часть-2, Москва – декабр, 2021 г. - С.22-23.

2. N.Z. Muhiddinov, B.M.Tojiboyev. Mechanical use of polimer compositional materials. // Indonesial Journal of Innovation Studies Vol 10 No 1 (2020): Vol 10 (2020): January, Innovation in Mechanical Engineering. - Indonesial, 2020, pp. 1/1-3/3.

3. B.M.Tojiboyev, S.K.Atakhanova. Radiation Treatment Of Composite Polymer Coatings At Optimal Technological Parameters And Study Of Their Properties. // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN – 2689-0984) Published: November 30, 2020. pp. 153-158.

4. Б.М.Тожибоев, Д.Д. Ғанижонов. Современные методы для улучшения прочностных свойств полимерных композиционных покрытий. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2021. - №2, - С. 107-108.

5. Ш.Н. Джалилов, Ш.В. Рахмонов, К.С. Негматов, Н.А. Икромов, Б.М.Тожибоев, С.С.Негматов, Ш.Ю.Рахимов, Р.Х.Пирматов. Исследование физико-химических свойств долговечности разработанных композиционных полимер-полимерных связующих клеев при длительном действии повышенной температуры. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №3, - С. 69-72.

6. М.Б.Мухитдинов, Ш.В.Рахмонов, Ш.А.Аликобулов, Б.М.Тожибоев, Н.А.Икромов, Н.С.Абед, С.С.Негматов, Ш.А.Бозорбоев, Ё.С.Раджабов. Исследование и разработка оптимальных рецептур композиционных полимерных материалов для покрытия рабочей поверхности форм в производства архитектурно-художественных строительных конструкций. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №3, - С. 78-80.

7. Б.Т.Хаминов, Ш.В.Рахмонов, С.С.Негматов, Н.А.Икромов, Б.М.Тожибоев, Н.С.Абед, Т.У.Улмасов, Ш.А.Бозорбоев, З.У.Мухаммаджонов, С.З.Рахимов, А.А.Улмасов. Исследование влияния наполнителей на антифрукционно-вибротпоглощающих свойств композиционных полимерных материалов и покрытия из них. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №3, - С. 210-214.

8. У.К.Кучкаров, К.С.Негматова, С.С.Негматов, Ш.В.Рахмонов, М.Э.Икрамова, Н.С.Абед, С.У.Султонов М.М.Бобохонова, Н.А.Икромов, Б.М.Тожибоев. О разработке композиционных полимерных материалов для защиты и ремонта трубопроводов и оборудования нефтегазовой промышленности от коррозионно-механических повреждений. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №3, - С. 221-226.

9. Ш.Э.Рахимов, Н.С.Абед, К.С.Негматова, А.А.Улмасов, Н.А.Икромов, Д.Н.Ходжаева, Б.Д.Жабборов, Б.Тожибоев, Ш.А.Бозорбоев, Ж.Н.Негматов,

Б.И.Хотамкулов, А.Я.Раззоков. Методика исследование адгезионной прочности композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №4, - С. 182-184.

10. А.А.Улмасов, Ш.Э.Рахимов, Н.С.Абед, Н.А.Икромов, Б.Тожибоев, У.К.Кучкаров Ш.А.Бозорбоев, Ж.Н.Негматов, А.Я.Раззоков, С.Жовлиев, Б.Т.Хаминов. Методика определение физико-механических свойств композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. - №4, - С. 184-186.

11. Б.М.Тожибоев. Ишчи юзаларги қопланаётган композицион полимер қопламалар умрбоқийлигини ошириш ва физик-механик хоссаларини тадқиқотлаш. // HamMTI ilmiy-texnika jurnali Том 7 Махсус сон №1, 2022. - С. 223-228.

12. С.С. Негматов, К.Х. Масодиков, Ш.Н. Жалилов, Ш.В. Рахмонов, К.С. Негматов, Н.С. Абед, Н.А. Икромов, Б.М. Тожибоев, Р.Х. Пирматов, С.У. Султанов, О.Ш. Собирова, Ш.Э. Рахимов, А.А. Улмасов, Х.А. Махамаджонов, Исследование тепловой водостойкости и прочностных свойств композиционных полимер-полимерных связующих. // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. № 11 (94), часть-2, Москва – 2022 г. - С.47-53.

13. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, Б.М. Тожибоев, Ж.Н. Негматов, Н.А. Икромов, Ш.А. Бозорбоев, Ш.Х. Жовлиев. Исследование структуры композиционных эпоксидных полимерных покрытий и их влияние на внутренние напряжения. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №2, - С. 187-189.

14. В.М. Tojiboyev. Research Thermal Conductivity Of Polymer materials. // Journal of Pharmaceutical Negative Results (Scopus) Volume 13 | Special Issue 8 | 2022. pp. 773-778.

15. Б.М. Тожибоев, Ш.В. Рахимов, Т.У. Улмасов, С.С. Негматов, С.Э. Рахимов, А.А. Олмасов, Н.С. Абед, Ш.А. Бозорбоев, К.Х. Масодиков, О.Ш. Сабирова, Н.А. Икромов. Состояние и анализ методов определения внутренних напряжений полимерных и лакокрасочных покрытий, // Композиционные материалы, Ташкент, 2022, - №3, – С. 230-232.

16. В.М. Tojiboyev, F.T. Yakubjonov, U.T. Xojimartov. Investigation of strength propeties of radiation-modified polymer coatings. // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN-2689-0984). 2022. pp. 47-51.

17. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, Б.М. Тожибоев, Ж.Н. Негматов, Н.А. Икромов, Ш.А. Бозарбоев, Ш.Х. Жовлиев. Кинетика изменения внутренних напряжений при старении эпоксидных полимерных покрытий. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №2, - С. 199-200.

18. Б.М. Тожибоев. Исследование влияния внутренних напряжений на процесс старения эпоксидных полимерных покрытий. // American journal of multidisciplinary bulletin. – ISSN: 2996-511X (online) / researchBib (IF) = 9.512 IMPACT FACTOR Volume-2 / Issue-3/ 2024 Published: 30-10-2024. Рр. 119-128.

19. С.С. Негматов, Б.М. Тожибоев, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед. Разработка универсальной установки для определения внутренних напряжений в

композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, основанной на разработанном силовом методе. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №1, - С. 294-300.

20. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, Б.М. Тожибоев. Исследование возникновения и накопления внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях на основе эпоксидных смол и полиэфирных лаков. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №2, - С. 244-250.

21. С.С. Негматов, Б.М. Тожибоев, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед. Исследование влияния внутренних напряжений на долговечность полимерных и лакокрасочных материалов и возможности их понижения различными технологическими приемами с целью повышения срока службы получаемого покрытия. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №3, - С. 274-276.

II бўлим (II часть; II part)

22. B.M. Tojiboyev, M.S. Sobirova, S.S. Axmadjonov. Polimerli kompozitsion materiallarning mexanik xossalari. “Инновацион ривожланиш муаммолари: ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” мавзусидаги вазирлик миқёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами. Андижон. 2017 йил 26 апрель 524-525 бетлар

23. A.B. Djumabaev, B.A. Sobirov, B.M. Tojiboyev. Improving the operational reliability of heterocomposite machine building polymer materials from local raw materials and energy resources. MONOGRAFIA POKONFERENCYJNA SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT #16 Barcelona 29.04.2019- 30.04.2019 (30.04.2019) - Warszawa, 2019. - 316 str ISBN: 978-83-66030-90-9. pp. 308-310.

24. B.M. Tojiboyev, Q.I. Xalmerzayev, A.B. Baymirzayev. Kalta tolalar bilan to'ldirilgan polimerlarning mustahkamlik xossalari bo'yicha tadqiq qilish. “Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар” мавзусидаги халқаро илмий- амалий конференция, Андижон 2020 39-43 betlar

25. B.M. Tojiboyev, N.Z. Muhiddinov. Polmer kompozitson materiallarda dispers to'diruvchilarning umumiy xususiyatlari. “Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар” мавзусидаги халқаро илмий- амалий канференция Андижон 2020 795-799 betlar

26. B.M. Tojiboyev, Kh.A. Makhammadjanov, D.Kh. Valiyev. Research of the polymerization process of polymers. 2nd International Conference on Science Technology and Educational Practices Hosted from Samsun, Turkey <http://euroasiaconference.com> May 15th -16th 2021 pp. 69-71.

27. S.S. Negmatov, B.M.Tojiboyev, A.R.Baymirzayev, N.A.Ikramov. Tolasimon to'ldiruvchli polimer kompozitsion materiallarining asosiy xossalariю Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение» Ташкент 16-17 сентября 2021 года С 190-191.

28. S.S. Negmatov, B.M.Tojiboyev, N.A.Ikramov. Исследование электромагнитной обработки при формировании композиционных полимерных

покрытий. Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение» Ташкент 16-17 сентября 2021 года С 191-192.

29. А.Б. Жумабаев, Б.М. Тожибоев, Б.М. Хасанов, А.А. Отакузиев. Особенности композиционных полимерных покрытий. «Инновационные идеи, разработки в практику: проблемы, исследования и решения» международная научно-практическая онлайн конференция 2021 йил 21 апрель, Андижон. С. 236-239.

30. Б.М. Тожибоев, Б.М. Тожибоев, Х. Камолов, И. Ҳалимов. Машинасозликда қўлланиладиган композицион полимер қопламалар мустахкамлигини ошириш ва уларнинг хоссаларини яхшилаш усуллари. “Рақамли ҳаёт ва ижтимоий фанларнинг баркамол авлодни вояга етказишдаги урни ва аҳамияти: долзарб муаммолар ва истиқбол“ халқаро илмий-амалий анжуман 12-апрел 2022-йил, Андижон, 645-649-бетлар

31. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Б.М. Тожибоев. Теория возникновения внутренних напряжений и кинетика их нарастания при формировании полимерных покрытий. Перспективы развития композиционных материалов республиканская научно-техническая конференция 19-20 сентября 2024 г. Ташкент. С.39-40.

32. В.М. Tojiboyev, Н.Д. Abdurashidova, N.I. Mutalibov, Ikkilamchi polimerni mashinasozlik va qurilish sohasida qo'llash. Илм-фан, маданият, техника ва технологияларнинг замонавий ютуқлари ҳамда уларнинг иқтисодиётга тадбиқи” мавзусидаги халқаро илмий- амалий канференция Андижон 2022 423-425 betlar

33. В.М. Tojiboyev, N.Z. Muhiddinov. Ikkilamchi polimer mustaxkamligiga texnik yondoshuv, Илм-фан, маданият, техника ватехнологияларнинг замонавий ютуқлари ҳамда уларнинг иқтисодиётга тадбиқи” мавзусидаги халқаро илмий-амалий канференция Андижон 2022 427-432 betlar

34. I.I. Halimov, M.K. Topvoldiyeva, M.A. Tursunova, X.X. Ashurov. Atomobillarda qo'llaniladigan polimer materiallar va ularning xossalarni o'rganish. Илм-фан, маданият, техника ватехнологияларнинг замонавий ютуқлари ҳамда уларнинг иқтисодиётга тадбиқи” мавзусидаги халқаро илмий- амалий канференция Андижон 2022 264-266 betlar

35. К.Х. Масодиков, С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Ж.Н. Негматов, Б.М. Тожибоев, О.Ш. Сабирова. Изучение и анализ внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных покрытиях и возможности их понижения. Фан ва тараккиёт” Республиканская научно-техническая конференция Ташкент, 2023 С. 80-81.

36. С.С. Негматов, К.Х. Масодиков, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Ж.Н. Негматов, Б.М. Тожибоев, О.Ш. Сабирова. Разработка оригинальной установки для определения внутренних напряжений в покрытиях методу по усилению разеваемому концом консольно закрепленного образца. Фан ва тараккиёт” Республиканская научно-техническая конференция Ташкент, 2023 С. 82-83.

37. B.M.Tojiboyev, R.Siddiqov. Mahalliy polimer chiqindi xom ashyolardan foydalanib polimer kompozitsion materiallar asosida yengil va ixcham buyumlar olish texnologiyasini tadqiqotlash. Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim, fan, innovatsiya va ilmiy tadqiqotlar natijalarini tijoratlashtirish: muammo va yechimlar mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-texnikaviy anjuman materaillar to'plam. 2023 yil 6-oktyabr. Qo'qon. 158-163 betlar

38. Б.М.Тожибоев С.С.Негматов, Т.У.Улмасов, Н.С.Абед. Причина возникновения внутренних напряжений и формировании полимерных композиционных покрытий. Перспективы развития композиционных материалов республиканская научно-техническая конференция 19-20 сентября 2024 г. Ташкент. С.89-90.

39. B.M. Tojiboyev, R.Sh. Nazarova. Mashinasozlik sanoatida shisha tolali materiallarni qo'llash va xossalarini tadqiqotlash. "Zamonaviy sanjat ishlab chiqarish tarmoqlari va ilm-fan taraqqiyoti glaballashuvida metrologoyaning zamonaviy muammolari va yechimlari". Xalqar ilmiy – amaliy anjuman materiallari - Andijon 2024 yil 22-23 may, 275-280 betlar.

40. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Б.М. Тожибоев Теоретические и практические аспекты возникновения и понижения внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных материалах и покрытиях из них, оказывающие, значительное влияние на их работоспособность и долговечность. "Mashinasozlik ishlab chiqarish sanoatida raqamlashtirish muammolari va rivojlanish istiqbollari" mavzusida respublika ilmiy – amaliy anjuman to'plami. Andijon 2024 yil 3-oktyabr, 410-412 betlar.

41. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Б.М. Тожибоев Изучение и анализ современных литературных источников влияния внутренних напряжений на работоспособность и долговечность полимерных и лакокрасочных покрытий. "Mashinasozlik ishlab chiqarish sanoatida raqamlashtirish muammolari va rivojlanish istiqbollari" mavzusida respublika ilmiy – amaliy anjuman to'plami. Andijon 2024 yil 3-oktyabr, 413-416 betlar.

42. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Б.М. Тожибоев Исследование и разработка нового силового метода для изучения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, применяемых в машиностроении. "Mashinasozlik ishlab chiqarish sanoatida raqamlashtirish muammolari va rivojlanish istiqbollari" mavzusida respublika ilmiy – amaliy anjuman to'plami. Andijon 2024 yil 3-oktyabr, 417-419 betlar.

43. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Б.М. Тожибоев Разработка универсальной установки для определения внутренних напряжений в композиционных полимерных и лакокрасочных покрытиях, основанной на разработанном силовом методе. "Mashinasozlik ishlab chiqarish sanoatida raqamlashtirish muammolari va rivojlanish istiqbollari" mavzusida respublika ilmiy – amaliy anjuman to'plami. Andijon 2024 yil 3-oktyabr, 420-422 betlar.

Автореферат «Композицион материаллар» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табағи: 4,5. Адади 100 дона. Буюртма № 19/25.

Гувоҳнома № 851684.

«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.