

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc. 15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ

---

ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МИРАДУЛЛАЕВА ГАВХАР БАКПУЛАТОВНА

ГЕТЕРОКОМПОЗИТ ПОЛИМЕР ҚУЙМА МАТЕРИАЛЛАР ВА  
ҚОПЛАМАЛАРНИНГ РЕОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИ ХАМДА  
ТЕХНОЛОГИК ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик, металлларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси. Камёб,  
нодир ва радиоактив элементлар технологияси.

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

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

**Мирадуллаева Гавхар Бакпулатовна**

Гетерокомпозит полимер қўйма материаллар ва қопламаларнинг реологик параметрлари ҳамда технологик хоссаларини тадқиқ этиш..... 5

**Мирадуллаева Гавхар Бакпулатовна**

Исследование реологических параметров и технологических свойств гетерокомпозитных полимерных заливочных материалов и покрытий ..... 21

**Miradullaeva Gavkhar Bakpulatovna**

Investigation of the rheology of technological features of potting materials and coatings from heterocomposite polymers ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc. 15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИРАДУЛЛАЕВА ГАВХАР БАКПУЛАТОВНА**

**ГЕТЕРОКОМПОЗИТ ПОЛИМЕР ҚҲЙМА МАТЕРИАЛЛАР ВА  
ҚОПЛАМАЛАРНИНГ РЕОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИ ХАМДА  
ТЕХНОЛОГИК ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ**

05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик, металлларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси.

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T593 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетиди бажарилган. Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** Зиямухамедова Умида Алижановна  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:** Абдурахманов Умарбек  
физика-математика фанлари доктори, профессор  
Курбанов Миртемир Шодиевич  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Этақчи ташкилот:** Тошкент кимё-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети хузуридаги DSc.15/27.02.2020.T.73.02 рақамли Илмий Кенгашнинг 2021 йил 17.04 соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100167, Тошкент, Темирийўлчи кўчаси 1-уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit\_rektorat@mail.ru.

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (021 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент, Темирийўлчи кўчаси 1-уй. Тел.: (99871)299-05-66)

Диссертация автореферати 2021 йил « 1 » 04 кун тарқатилди.  
(2021 йил « 31 » 03 даги 2 рақамли реестр баённомаси).



**А.В. Умаров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Э.Тешабаева**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

**Ш.С. Файзибаев**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш хузуридаги  
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясига аннотация)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунёда гетерокомполит материалларидан ер усти, ер ости, сув ва ҳаво транспортлари, кимё, озик-овқат саноати технологик жиҳозлари ва кишлоқ хўжалик машиналари учун юқори мустаҳкамликка ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган куйма буюмлар ва қопламалар ишлаб чиқарилади. Шу билан бирга янги замонавий технология ва машиналарга қўйиладиган талабларни инобатга олиб технологик, реологик, физик-механик ва триботехник хоссалари олдиндан берилган талаблар асосида ишқаланишга ва ташки муҳитга чидамли янги гетерокомполит полимер композициялар олиш таркиби ва технологиясини ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда терморектив гетерокомполит полимер материаллар асосида машинасозлик, авиация, кимё, нефт-газ, озик-овқат, пахтани қайта ишлаш, қурилиш саноатлари ва кишлоқ хўжалигида ишлатилувчи қилинган ва қилинмаган буюмларнинг ҳимоя қопламаларини яратишга катта эътибор қаратилган. Уларга қўйиладиган талабларни инобатга олиб технологик, реологик ва физик-механик хоссалари олдиндан берилган талаблар асосида гетерокомполит қоплама ва кимёвий структуравий ташкил этувчининг таркибга таъсирини, агрессив ва абразив муҳитда ишлатилувчи йирик ўлчамли, мураккаб конфигурацияли жиҳозларда қўллаш борасида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Республикада охириги йилларда машинасозлик, авиация, кимё, нефт-газ, озик-овқат, пахтани қайта ишлаш, қурилиш саноатлари ва кишлоқ хўжалигини ривожлантириш, уларда ишлатилувчи технология ва жиҳозларни бутловчи қисмларини маҳаллийлаштиришда, гетерокомполитларни қўллаб уларни ишлаш вақти ва сифатини жаҳон андозаларига тенглаштириш борасида илмий ишлар амалга оширилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «...саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматга эга тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш орқали саноатни янада модернизация қилиш ва диверсификация қилиш, шунингдек иқтисодийнинг энергия сарфи ва ресурс сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш...»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Бу борада маҳаллий хом ашёлар асосида машинасозликка мўлжалланган, материаллар ва кўп функционал қопламалар сифатида фойдаланиш учун реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда гетерокомполит материалларнинг структурасини шакллантириш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПҚ 4947 сонли Қарори.

Харакатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида»ги фармонлари ва 2017 йил 21 апрелдаги ПК-2916-сон «2017-2021 йилларда маънавий қиқиндилар билан боғлиқ ишларни амалга ошириш тизимини тубдан такомиллаштириш ва ривожлантириш чоратadbирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергия, энергия ва ресурсларни тежаш» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Гетерокомпозит полимер қуйма материаллар ва қопламаларнинг олиш таркиби ва технологияларини яратиш бўйича J.W. Gilman, R.Kruze, F. Bondioli, D. Olmos, A.Shahin, A. Gandhi, M. Alexandre, M.I. Abdoul, J.Xu., B.A. Белий, Ю.С.Липатов, А.Свириденко, В.А.Струк, М.А.Аскарлов, А.Т.Жалилов, С.С.Негматов, С.Ш.Рашидова, А.Х.Юсупбеков, Т.Р.Абдирашидов, Ф.А.Магруппов, А.С.Ибодуллаев, А.В.Умаров, А.А.Рискулов, У.А.Зиямухамедова, Э.У.Тешабаева ва бошқалар илмий-тадқиқотлар олиб боришган.

Улар томонидан полимер-қоплама қатламининг фазали қатламида физик-кимёвий ходисалар, полимеризация жараёни, таркибий қисмларнинг ишлов берилганидан сўнг таъсири асосида терморектив боғловчи ва ноорганик, шу жумладан минерал тўлдиргичлар асосида юқори тўлдирилган композицион материалларнинг физик-механик хусусиятлари, структуравий хусусиятлар ва гетероген системаларда сиртлараро ходисалар ва уларнинг табиатига боғлиқлиги, композицион материаллар олишда полимер аралашмаларининг энергия ва ресурсларни тежовчи технологиялари жорий этилган.

Шу билан бирга ҳозирда оғир, енгил саноат ва кишлоқ хўжалигида ишлатилувчи машина ва аппаратларнинг бутлов қисмларини ишончилигини ошириш учун янги материаллар ва технологиялар ишлаб чиқишда органик-минерал материалларидан полифункционал гетерокомпозит қопламалар олишда тизимли хусусиятлар ва гетероген тизимларда сирт табиати ўртасидаги муносабатлар фазалараро структура шаклланишида композиция реологик хоссалари механизмни ўрганиш бўйича изланишлар олиб борилмоқда.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети илмий тадқиқот режасининг №ОТ-Ф-2-41 «Машинасозлик учун маҳаллий ашёлар ва маҳаллий энергетик ресурслар асосидаги гетерокомпозит полимер материалларининг структуравий шаклланиш жараёнларининг ва функционал хусусиятларининг тадқиқотлаш» (2017-2020 й.й.) мавзусидаги фундаментал лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** гетерокомпозит полимер қуйма материаллар ва қопламаларнинг реологик параметрлари ҳамда технологик хоссаларини тадқиқ этиш, таркиби ва технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозларнинг ишчи юзаларида активацион-гелиотехнология усулида қопламаларни олиш муаммосининг ҳозирги ҳолатини аниқлаш;

маҳаллий хом ашёлар асосида гетерокомпозит полимер материаллар ва улар асосида қопламалар олиш учун ингредиентлар танлаш, гетерокомпозит аралашманинг ҳаётийлигини тавсифловчи гель ҳосил бўлиш механизми асосида, структура шаклланишининг структуравий модификатор микдорига боғлиқлигини аниқлаш;

Йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари юзаси қопламаларнинг қалинлиги ва талаб этилган хусусиятларини таъминлаш учун гетерокомпозит аралашмаларнинг реологиясини аниқлаш усуллари ва воситаларини танлаш;

Йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ва листли конструкцион материаллар сиртида қўлланиладиган қопламаларнинг талаб этилган хоссаларини ва эксплуатацион ишончилигини таъминлаш учун реологик параметрларни бошқаришнинг технологик ва назарий жиҳатларини асослаш;

ишлаб чиқарилиши йўлга қўйилган тўлдирувчи Ангрен каолини маркаларини гетерокомпозит полимер материаллар асосидаги пахта билан таъсирланишувда антифрикцион қопламаларининг эксплуатацион ишончилигига таъсирини аниқлаш;

Йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари ишчи юзаларини қоплаш учун маҳаллий хомашёлар асосида гетерокомпозит полимер материаллар ва қопламаларнинг таркибини ва қўллаш технологиясини такомиллаштириш.

**Тадқиқотнинг объекти** Ўзбекистон Республикаси маҳаллий хом ашё ва энергия ресурслари асосида олинган гетерокомпозит полимер материаллар ва қопламалар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** бўлиб гетерокомпозит материаллар ва қопламаларда Ангрен каолин тўлдирувчи тури ва кимёвий сруктураловчининг гель ҳосил бўлиш жараёни, ҳаётийлиги ва структура шаклланиши ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотларда ИК-спектроскопияси, вискозиметрия, электрон микроскопия, триботехник, техник ва технологик хоссаларини аниқлаш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгиллиги** қуйидагилардан иборат:

активацион - гелиотехнология усулида олинган гетерокомпозит полимер қопламаларни реологик хусусиятларини структура шаклланишига таъсири аниқланган;

структура шакллантирувчи компонентнинг талаб этилган таркиби ва қўёш энергиясининг иссиқлик таъсирини гетерокомпозит материаллар ва

қопламаларнинг реологик хоссаларига полимер аралашмасининг қовушқоқлигини ўзгариши натижасида оқувчанлигини ошириш туфайли структура шаклланиш жараёнида молекулаларнинг функционал гуруҳларининг ориентацияси бир текис тақсимланиши исботланган;

АКТ-10 ва АКС-30 ҳамда структура модификатори гассипол смоласининг миқдори ошириш гел ҳосил бўлиш жараёнини вақтини камаишига ва тўлдирувчининг структура шаклланишига фаол таъсири натижасида қопламаларнинг қалинлигини орттиришга олиб келиши билан изохланган;

гетерокомполитли аралашмаларнинг реологик хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда, АКТ-10 ва АКС-30 минерал тўлдирувчиларининг кимёвий таркиби, кимёвий структура шакллантирувчи модификатор-гассипол смоласининг ва боғловчи ЭД-20 нинг функционал фаол гуруҳларининг қуёш нури таъсирида структураланиш механизми аниқланган;

листли конструкцион материаллар юзасида қоплаш учун кимёвий структуравий модификаторнинг керакли миқдори 6-10 мас.к, йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар учун 8-12 мас.к. экани аниқланган;

йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари иш юзасини қоплаш учун маҳаллий хом ашёлардан фойдаланиб гетерокомполит полимер материаллар асосида қопламалар таркиби такомиллаштирилиб, реологик хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда уларни қўллаш усуллари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозларнинг конструкцион материаллари иш юзасида активацион-гелиотехнология усулида маҳаллий хом ашёлар асосида олинган гетерокомполит полимер материаллардан антифрикцион қопламаларнинг таркиблари яратилган;

йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик ускуналар сиртида қопламаларнинг қалинлиги ва хусусиятларининг бир хиллигини таъминлаш учун гетерокомполит аралашмаларнинг реологиясини ўрганиш усуллари ва воситалари танланган;

йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ва листли конструкцион материаллар сиртида қўлланиладиган қопламаларнинг талаб этилган хоссаларини ва эксплуатацион ишончилигини таъминлаш учун реологик параметрларни бошқаришнинг технологик ва назарий жиҳатлари аниқланган;

йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари ишчи юзасини қоплаш учун маҳаллий хом ашёлар асосида гетерокомполит полимер материаллар ва қопламаларнинг таркиби такомиллаштирилган ва қўллаш усуллари яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** кимёвий, физик-кимёвий, физик-механик, эксплуатацион, гетерокомполит полимер материаллар антифрикцион қопламаларнинг технологик хусусиятлари уларнинг реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, замонавий аккредитациядан ўтган

қурилмаларда олинган, тадқиқот натижаларига математик ишлов бериш, шунингдек, тажриба-саноат синовлари йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари учун гетерокомполит қопламаларнинг такомиллашган таркиблари ишлаб чиқилганлиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ишчи юзасини қоплаш учун активацион-гелиотехнология усули билан олинган антифрикцион қопламалар гетерокомполит аралашмасининг ҳаётийлигини тавсифловчи гел ҳосил бўлиш механизмини тадқиқ асосида, структура шаклланишининг структуравий модификатор миқдорига боғлиқлигининг илмий асослари яратилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар конструкцион материаллари ишчи сиртлари учун қопламаларни шакллантиришда реологик хусусиятларни тартибга солиш орқали гетерокомполитли полимер материаллардан пахта билан ўзаро таъсирланишувда антифрикцион қопламалар олинганлиги билан изохланади.

**Тадқиқот натижаларинининг жорий қилиниши.** Гетерокомполит полимер қуйма материаллар ва қопламаларнинг реологик параметрлари ҳамда технологик хоссаларини тадқиқ этиш, таркибларини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

пахтани бирламчи қайта ишлаш технологик жиҳозларининг ишчи сиртлари учун антифрикцион қопламаларнинг оптимал таркиблари «QORASUV PAXTA TOZALASH» АЖда амалиётга жорий этилган («O'ZPAXTASANOAT» АЖ нинг 2020 йил 18 июндаги 03-18/1851-сон маълумотномаси). Натижада шнекли ва пневмотранспортёрларнинг иш унумдорлиги 10-12% га ошириш имконини берган;

таркиби такомиллаштирилган гетерокомполит полимер қуйма материаллар ва қопламаларнинг реологик хусусиятларини тартибга солиш орқали активацион-гелиотехнология усули «QORASUV PAXTA TOZALASH» АЖда амалиётга жорий этилган «O'ZPAXTASANOAT» АЖ нинг 2020 йил 18 июндаги 03-18/1851-сон маълумотномаси). Натижада олинган гетерокомполит қопламаларининг қўлланилиши технологик жиҳозларнинг ишлаш муддатини 1,3-1,5 баробар ошириш имконини берган;

яратилган антифрикцион - ейилишбардош гетерокомполит полимер материал ва қопламалар «QORASUV PAXTA TOZALASH» АЖда амалиётга жорий этилган («O'ZPAXTASANOAT» АЖ нинг 2020 йил 18 июндаги 03-18/1851-сон маълумотномаси). Натижада технологик жараённинг шовқин даражасини 2-3 барабар камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларинининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 11 та, жумладан 8 та халқаро ва 3 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

### Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.

Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан 7 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган, битта ЭХМ дастурига гувоҳнома олинган ва битта ҳаммуалифликдаги монография (27,5 б.т.) нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 100 бетдан ташкил топган.

### ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзуси бўйича олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурияти, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, объектлар ва мавзулар тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги, илмий ва амалий аҳамиятга эга эканлиги асосланган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш бўйича маълумотлар, нашр этилган ишлар ва диссертация таркиби келтирилган.

Диссертациянинг «Химояловчи қопламаларини ишлаб чиқиш муаммосининг ҳозирги ҳолати ва тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларини асослаш» деб номланган биринчи бобида гетерокомпозит полимер материаллар реологияси ҳақида умумий тушунчалар, шунингдек тўлдирилган полимер системаларнинг реологик хусусиятларини назарий асослари, гетерокомпозит материалларининг тузилиши ва хусусиятларига таъсир қилувчи полимер аралашмаларининг таркибларини уларнинг хоссаларига таъсири бўйича умумий маълумотлар берилган.

Дунёнинг етакчи олимларининг хизматлари, уларнинг илмий-тадқиқот ишлари тахлили асосида металл ва металл конструкцияларни эксплуатацион шароитда фрикцион, ейилиш ва коррозия жараёнларидан химоя қилишнинг самарали усулларидан бири полимер ва турли композицион материаллардан, фойдаланиш ҳисобланиши таъкидланган. Ўзбекистон Республикасининг иқтисодий тармоқларида, хусусан, машинасозлик саноатида илмий-услубий ва техник ечимларнинг юқори даражада бўлишига қарамадан, технологик асбоб-ускуналарнинг йирик ўлчамли, айниқса мураккаб конфигурацияли жихозлар учун уларни технологик жараёнда дуч келадиган, эксплуатацион ишончлилигига салбий таъсир кўрсатувчи жараёнлардан химояловчи қопламаларини қўллашга етарлича эътибор берилмаётгани аниқланган. Ушбу соҳадаги ишларни таҳлил қилиб, реологик хусусиятларни ҳисобга олган ҳолда антифрикцион қопламаларини ишлаб чиқариш ва маҳаллий минералларни, хусусан, саноатда ишлаб чиқарилаётган маҳаллий каолиннинг турли маркаларидан оқилона фойдаланиш учун активацион-гелиотехнология усулини қўллаш мақсадга мувофиқ деб топилган.

Юқоридагиларга асосланиб, диссертация иши тадқиқотларининг мақсади ва вазифалари келтирилган.

Диссертациянинг «Тадқиқотлар учун объект, усул ва воситаларни танлаш» деб номланган иккинчи боби гетерокомпозит куйма материаллар ва қопламаларнинг физик-механик, реологик ва эксплуатацион хусусиятларини ўрганиш учун объект, услубий ва воситаларни танлашга бағишланган. Тадқиқот объекти сифатида маҳаллий хом-ашё ва энергия ресурслари асосида олинган гетерокомпозит полимер материаллар ва қопламаларнинг реологик, технологик, физик-механик хусусиятлари танланган. Тадқиқотнинг мақсади ва вазифаларидан келиб чиқиб, реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, мураккаб конфигурацияли технологик жихозлар ва листли конструкторион материаллари ишчи юзалари учун гетерокомпозит қопламаларни активацион-гелиотехнология усулидан фойдаланиб олиш мумкин бўлган полимер боғловчи ва структураловчи модификатор компонентлар танланган (1-жадвал).

1-жадвал

#### Қоплама учун танланган материаллар

№	Материал номи	ГОСТ ёки Tsh	Изоҳ
1	Эпоксид смола (ЭД-20)	ГОСТ 10587-72	Термореактив боғланувчи
2	Дибутилфталат (ДБФ)	ГОСТ 8728-76	Пластикатор
3	Гассипол смола (ГС)	Tsh 86-38:2001	Структураловчи модификатор
4	Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	ТУ 6-02-594-70	Қотирувчи
5	АКФ-78, АКС-30, АКТ-10 каолин маркалари	О'з DSt 1056:2004	Тўлдирувчи (d≤20 мкм)

2-жадвал

#### «AngrenKaolin» МЧЖ корхонаси каолинларини қўлланиш соҳалари

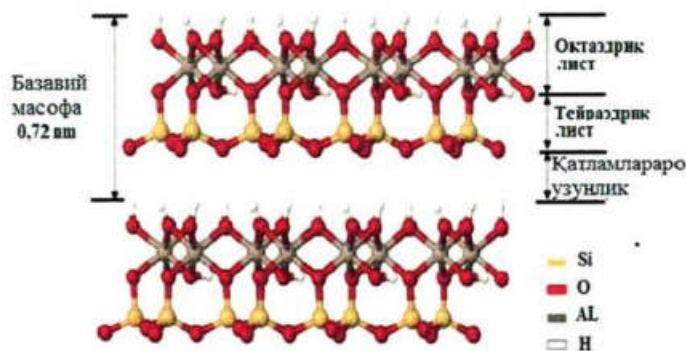
Маркаси	Қўлланилиш соҳаси
АКФ-78	Ёғоч таркибли оқартирилмаган целлюлозадан фойдаланган ҳолда босма ва ёзув қоғози ишлаб чиқариш учун
АКС-30	Чинни, фаянс, керамика буюмлари ишлаб чиқариш учун
АКТ-10	Маиший кимёвий тозалаш воситалари, резинотехник, пласт-масса, лак бўёқ маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун
Изоҳ: марка номларида куйидаги кискартмалар қўлланилади: - АКФ-78 – оклиги 78%, қоғоз ишлаб чиқариш учун ангрэн каолини; - АКС-30 - таркибида алюминий оксиди (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) - (30 ± 2) %, керамика (чинни, фаянс), ишлаб чиқариш учун мўлжалланган ангрэн каолини; - АКТ-10 – таркибида алюминий оксиди (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) - (10 ± 2) %, тўлдирувчи сифатида ишлатилувчи ангрэн каолини.	

Боғловчи сифатида ЭД-20 термореактив олигомери танланди. Унинг танлови йирик ўлчамли технологик жихозлар конструкторион материаллари юзасида қопламалар олиш учун юқори мослашувчанлиги билан боғлиқ. Энг кенг тарқалган алифатик амин - полиэтилен полиамин (ПЭПА) котиргич сифатида

ишлатилган, бу эса материалнинг сиқилишга мустаҳкамлик чегарасини камайтиради. Мавжуд хом ашё - госсипол смолани структураловчи модификатор сифатида қўллаш – таркибда эпокси ва азотли бирикмалар сақловчи полимерларни олиш имконини беради.

Айни пайтда Ўзбекистонда Тошкент вилоятининг Ангрен туманидаги «Ангрен-Каолин» МЧЖ корхонасида Ўзбекистон Республикасининг турли иктисодий тармоқларида кенг фойдаланилаётган АКФ - 78, АКС - 30, АКТ – 10 русумли каолин бойитилган маркалар ишлаб чиқарилмоқда. Тадқиқотларда АКФ–78, АКС–30, АКТ–10 каолин маркалари танланган (2-жадвал).

$Al_2Si_2O_5(OH)_4$  (ёки оксид атамаси бўйича ёзилиши:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) умумий таркибли минерал каолинит каолиннинг (> 98%) асосий таркибий қисми ҳисобланади. Каолинитнинг кимёвий таркиби 1-расмда кўрсатилган.



1-расм Каолинитнинг тузилиши

Каолинит минерали кислород атомларининг умумий текислигини ташкил этувчи кетма-кет алюминий октаэдрал ва кремний тетраэдрал пластинасимон шаклга эга. Алюминий атомлари  $\gamma-Al(OH)_3$  ёки гиббситга ўхшаш тузилишга эга октаэдрал пластиналар ҳосил қилади. Пластиналар ўзаро водород билан боғланган қатламларни ҳосил қилади.

Олинган маълумотлар асосида мураккаб конфигурацияли технологик жихозлар ва листли конструкцион материаллар сиртларида пахта билан ўзаро фрикцион таъсирланишувда антифрикцион қопламаларнинг қалинлиги, физик-механик, структуравий, реологик ва эксплуатацион хусусиятлари маълум стандарт усуллари билан ўрганилди.

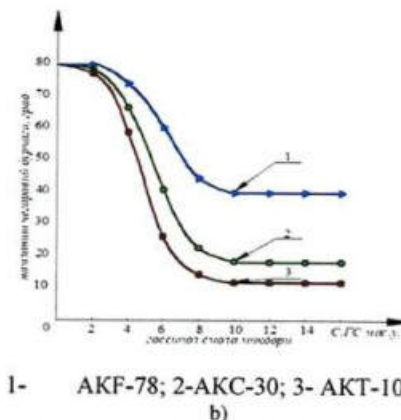
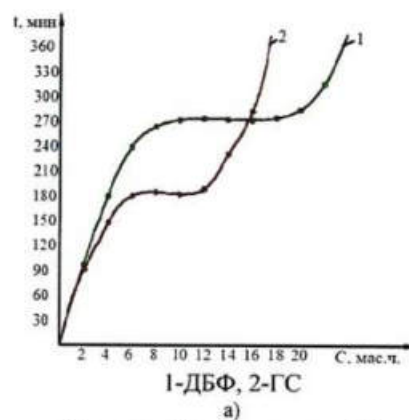
Диссертациянинг «Реологик параметрларнинг активацион-гелиотехнология усулда олинган гетерокомпозит қопламаларни шакллантирилишга таъсирини ўрганиш» деб номланган учинчи бобда минерал тўлдирувчиларнинг ва структураловчи модификаторни тури ва микдорини гетерокомпозит полимер материалларда фазалар аро ходисаларга, аралашмаларининг реологиясига ва эксплуатацион хусусиятларига таъсири, ҳамда уларнинг таркибларини оптималлаштириш бўйича экспериментал

тадқиқотлар натижалари келтирилган. Гетерокомпозит қопламаларининг таркиби ва хусусиятлари бўйича мақсадли қўллаш тавсия этилган.

Пахтага дастлабки ишлов бериш корхоналари технологик жихозларининг ўлчамлари йириклиги ва уларнинг конфигурациялари мураккаблиги туфайли, бугунги кунда модификациялашнинг маълум усуллари, масалан ультратовуш, радиация, электромагнит таъсир ва ш.к усуллар билан машиналарнинг ишчи органлари сиртида гетерокомпозит материалларни амалда қўллаш қийинчилик туғдиради.

Шу муносабат билан гетерокомпозит материаллар ва улардан олинган қопламаларни куёш энергияси иссиқлиги таъсирида олишда уларнинг реологиясини технологик хусусиятларига ҳамда қалинлигига таъсири бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Қопламаларни структуравий шаклланиш жараёни полимерларнинг реологик хоссаларига боғлиқ бўлиб, бу жараён гетерокомпозит материални полимер боғловчисини ҳаётийлигини белгиловчи гель ҳосил бўлиши билан тавсифланади.

Гель ҳосил бўлиш вақтининг дибутилфталат (ДБФ) ва госсипол смоласи (ГС) микдорларига таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар натижаси (расм 2а) тўлдирувчининг намланиш чегаравий бурчагининг ГС модификатор микдорига (2б) боғлиқликлари келтирилган. Тажрибалар Тошкент шаҳри шароитида атроф-муҳит ҳарорати сояда  $30 \pm 2^\circ C$  ва очик жойларда  $42 \pm 2^\circ C$  ташкил этганда ўтказилган. Табиий куёш нурланишининг интенсивлиги  $710-750 \text{ Вт/м}^2$  бўлган.



2-расм. Гель ҳосил бўлиш вақтининг полимер аралашмаси таркибидаги структура ҳосил қилувчи компонентлар таркиби ва микдорига (а), тўлдирувчининг намланиш чегаравий бурчагининг ГС модификатор таркибига боғлиқлиги (б)

Қопламаларнинг шаклланишининг активацион-гелиотехнология усулида госсипол смоласи билан гетероген тизимнинг структуравий модификацияси ЭД-20 олигомерини пластификатлашга имкон беради. Бунда тўлдирувчининг намланиши чегаравий бурчаги муҳум аҳамиятга эга бўлади. Мазкур ходисани

Ўрганиш мақсадида АКФ-78, АКС-30, АКТ-10 каолинларини намланишининг чегаравий бурчагини ГС структуравий модификаторга боғлиқлигини ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди (2b-расм) ва гетерокомпозит системани механо-кимёвий модификациялаш «боғловчи-тўлдирувчи» тизимида тўлдирувчининг ҳўлланишини 25-30% га ошириши аниқланди. Бунда ГСнинг 6-14 мас.к миқдори самаралироқ бўлди.

Кўриниб турибдики, гель ҳосил бўлиш вақтининг энг барқарор қийматлари таркибида ДБФ бўлган компаундларда 270 мин. давомида 10÷20 мас.к чегараларда ва таркибида 6÷12 мас.к ГСга эга бўлган компаундларда 180 мин. давомида кузатилди. Гетерокомпозит полимер материалларининг таркибидаги структуравий модификаторлар ДБФ ва ГС миқдорларини кўпайиши гель ҳосил бўлиш вақтининг пасайишига ва гетерокомпозит материалнинг технологик хусусиятларининг ёмонлашишига олиб келади. Ўтказилган тадқиқотлар асосида, 6÷12 мас.к ГСни қўллаш мақсадга мувофиқлиги аниқланган. Барча таркибларда қотирувчи компонент полиэтилен полиамин (ПЭПА) миқдори 12 мас.кислиги қабул қилинди.

Каолин билан эпоксид олигомери асосидаги композитларнинг қовушқоклик хусусиятлари тўлдирувчининг дисперслигига, табиатига ва миқдорига боғлиқ бўлади. Шунини инобатга олиб каолин тўлдирувчисини турли маркаларини гетерокомпозит аралашмасининг реологик хоссаларига таъсири ўрганилди (3-жадвал). Олинган тадқиқот натижалари асосида, гетерокомпозит аралашмаларнинг структура шаклланишининг технологик жиҳатдан ГС билан модификацияланган тўлдирувчилар АКТ-10 10, 20, 30 мас.к. миқдорда ва АКС-30 10 мас.к миқдорда қўллаш тавсия этилди.

3-жадвал

Гетерокомпозит аралашмаларининг қовушқоклик тавсифи

№	Аралашма таркиби	Структуралаштирувчи ГС таркибини (мас.к) оқувчанлик вақтига (t,c) таъсири				
		0	6	8	10	12
1	ЭД-20	160	250	265	282	300
2	ЭДК+10мас.к.АКТ-10	220	2301	235	240	255
3	ЭДК+20 мас.к. АКТ-10	334	325	340	354	373
4	ЭДК+30мас.к. АКТ-10	355	365	375	380	383
5	ЭДК+10 мас.к. АКС-30	465	450	465	479	495
6	ЭДК+20 мас.к. АКС-30	645	535	554	576	695
7	ЭДК+30мас.к. АКС-30	680	790	810	814	820
8	ЭДК+10мас.к. АКФ-78	721	850	895	--	-
9	ЭДК+20мас.к. АКФ-78	813	-	-	-	-
10	ЭДК+30 мас.к. АКФ-78	910	-	-	-	-

Изох: шиша найча диаметри 6мм, ҳарорат T=25°C

3-расмда 30 мас.к. миқдордаги модификацияланмаган (а) ва 12 мас.к. структуравий модификатор ГС билан модификацияланган (б) АКТ-10 каолин тўлдирувчили гетерокомпозит аралашмалар асосида олинган қопламанинг

микроструктураси келтирилган, бунда қоплама юзаси нисбатан силлиқ ва бир хил эканлигини кўриш мумкин.

3 с, d расмда АКС-30 тўлдирувчили қопламалар структураси келтирилган, заррачаларнинг ўлчамини майдалашиши (15÷25 мкм) гетерокомпозитларнинг қовушқоклигини ошириши ва технологик хусусиятларини ёмонлашишига олиб келади, бунга агломератларни ҳосил бўлиши сабаб бўлади.



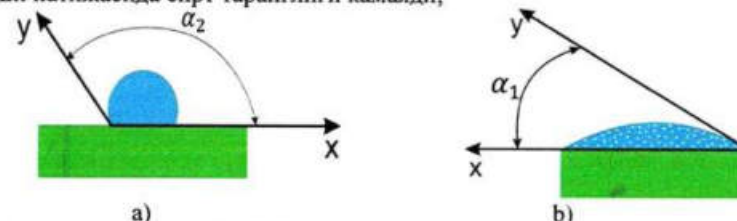
a- АКТ-10 (30 мас.к), b- АКТ-10 (30 мас.к)+ГС (12 мас.к), c-АКС-30 (10 мас.к), d-АКС-30 (10 мас.к)+ГС(12 мас.к)

3-расм. Физик-кимёвий модификация усули билан олинган гетерокомпозит қопламалари юзасининг микрофотографияси (x1000).

Олинган тадқиқот натижаларига кўра, гетерокомпозит аралашмаларнинг структура ҳосил бўлишининг шаклланиши босқичида АКТ-10 ва АКС-30 минерал тўлдирувчининг заррачалари ўлчамига ҳамда структуравий модификатор ГС ва полимер боғловчи ЭД-20нинг функционал актив гуруҳларига боғлиқ деган ҳулосага келиш мумкин. ГС структураловчи иштирокида каолин тўлдирувчиларини эпоксид боғловчи билан намланишини яхшилашни куйидагилар билан тушунтирилади:

модификатор боғовчининг ички энергиясини пасайтириш ва эпоксид олигомери билан тўлдирувчини механоактивациялаш жараёнида ҳосил бўлган катионлар орасида ( $Fe^{+3}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Si^{+4}$  ва х.к.з.) мустақкам ион боғлар ҳосил бўлишига олиб келади;

тўлдирувчини намланиши яхшиланиши эвазига «боғловчи-тўлдирувчи» фазалар аро чегарада эпоксид олигомер макромолекуласининг ва ГС функционал фаол гуруҳларини ўзаро таъсири ҳисобига ҳамда пластификациялаш самараси кучаиши натижасида сирт таранглиги камаяди;



а)модификацияланмаган, б)ГС билан модификацияланган боғловчи ва механик фаоллаштирилган тўлдирувчи

4-расм Тўлдирувчи заррачаларининг намланиши

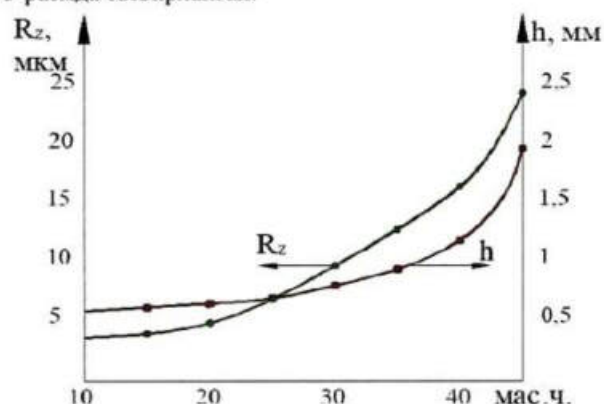
ўзаро адсорбцион таъсир модификацияланган эпоксид олигомери ва фаоллаштирилган каолин тўлдирувчининг юзалар диффузияси эвазига ва



молекулаларининг миграцияси туфайли ҳам кучаяди. Бу «эпоксид олигомер-каолин» фазалар аро чегарада тегишувни оширади (4-расм).

Структураловчи модификатор (ГС)ни боғловчига 6-12 мас.к. миқдориди технологик қовушқоқлик чегарасида қўшилди. Қотирувчи миқдори 100 мас.к полимер боғловчига нисбатан 10-12 мас.к.ни ташкил этди.

Гетерокомпозит системаларни назарий тадқиқотлаш етарлича мураккаб жараён, уларни амалий системаларда қўлланилиши батамом чеклангандир. Бу етарлича кўп сонли омиллар: заррачалар ўлчами, уларнинг сиртлари рельефи, хар хил сирт сатхларда нуксонлар мавжудлиги ва х.к. Шу сабабли технологик ҳажмий критик тўлдирилишни баҳолашда сирт нотекислик параметри  $R_z$  ва қоплама қалинлиги  $h$  танлаб олинди. Пахта билан ўзаро таасирланишувда қопламалар  $R_z$  ва  $h$  параметрларининг минерал тўлдирувчи таркибига боғлиқлиги 5-расмда тасвирланган.



5-расм. Микронотекислик параметри  $R_z$  ва эркин шакиллантирилган эпоксид қоплама  $h$  қалинлигини минерал АКТ-10 тўлдирувчига боғлиқлиги.

Расмдан кўринадики, тўлдирувчи миқдорининг 60 мас.к.гача кўпаишида  $R_z$  ҳам  $h$  кўпаяди.  $R_z$  миқдори бўйича энг оптимал тўлдирилиш 25+30 мас.к.дан иборат. Шу муносабат билан тўлдирилиш критик миқдори бизнинг тадқиқотимизда минерал дисперс тўлдирувчининг 30 мас.к. тавсия этилган. Шундай қилиб АКТ-10 тўлдирувчининг жиҳозлар учун қопламаларда листли конструкцион материалларга 25 мас.к., мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозларда 30 мас.к. АКС-30 тўлдирувчи учун структураловчи модификатор миқдorigа боғлиқ ҳолда 10-15 мас.к.ни ташкил этди.

Диссертациянинг «Гетерокомпозит материаллар ва қопламаларни реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда уларни оптимал таркиби ва шакллантириш технологиясини аниқлаш бўйича тадқиқот натижаларига математик ишлов бериш» деб номланган тўртинчи бобиди тадқиқот натижаларига математик ишлов бериш орқали қопламаларнинг компонентлари турлари ва таркибининг миқдори бўйича қўлланиш чегараларини аниқлаш,

уларни синовдан ўтказиш, натижаларни жорий этиш ва иқтисодий самарадорлигини баҳолаш келтирилган. Маълумки фан соҳалари муайян тадқиқотларида олиб борилган экспериментлар натижалари математик ишлов бериш асосида қабул қилинади.

Эксперимент натижаларини маълум режа асосида интерполяцион ёндашувда тадқиқот натижаларининг ишонарлилиги асосланади. Интерполяциянинг қўлланиш соҳаси табиат қонунларини кашф этиш ва аниқлаштириш, башоратлаш, режалаштириш ва эксперимент маълумотларига ишлов бериш, моделлаштириш, хар хил объектларни бошқариш ва х.к. Интерполяция назарияси ўхшашлик назарияси билан бирга моделлаштиришнинг илмий асоси сифатида ўта фойдали, кўпинча оддий зурауратдир. Интерполяция қонунининг чинакамлигини текшириш асбоби бўлиб хизмат қилади. Интерполяция кўпхаддини олиш имконини берадиган хилма-хил формулалар мавжуд, улардан бири Логранж методи қўлланган Ньютоннинг интерполяция формуласидир.

Тадқиқотимиз ва олинган эксперимент маълумотларидан келиб чиқиб кўйидаги кўринишдаги Ньютон интерполяцион формуласи тузилди:

$$P_n(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h}(x-x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2}(x-x_0)(x-x_1) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n}(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-1}) \quad (1)$$

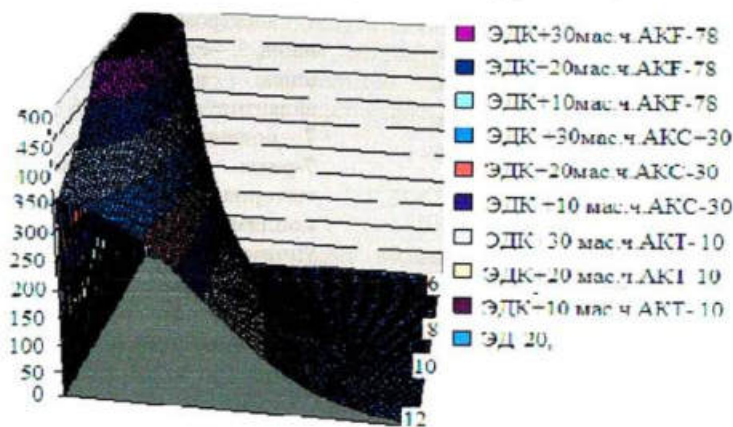
Бу формуладан имконий ёзув шаклларида бири сифатида иккинчи тартибли интерполяция кўпхаддини оламиз:

$$P_2(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h_0}(x-x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h_1^2}(x-x_0)(x-x_1) \quad (2)$$

Олинган эксперимент натижалари асосида барча (3-жадвал) таркиблар учун кўйидаги регрессия тенгламаси олинди:

$$P_{1,(0-1-10)} = 0,625x^4 - 17,06x^3 + 152,1x^2 - 397,7x + 805, \quad (3)$$

ифода (3)нинг график кўриниши 6-расмда тасвирланган.



6-расм. Аралашма таркибиди фазовий ўзгариш

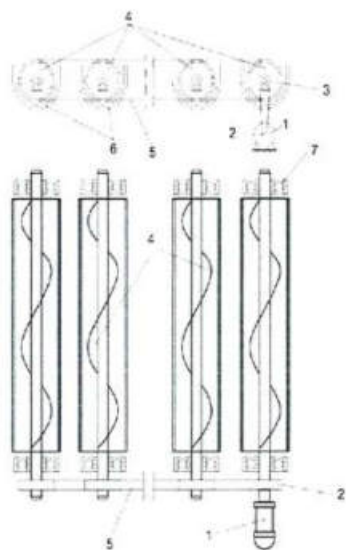
Қоплама шаклланиши реологиясига таъсир этувчи омиллар тадқиқотлари натижалари асосида гетерокомпозит материаллардан пахта билан ўзаро таъсирлашувда антифрикцион қопламалар таркиблари (4-жадвал) ва йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ишчи юзаларида қоплама шакллантириш технологияси (7-расм) тавсия этилди.

4-жадвал

**Йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ишчи сиртларида қўллашга таклиф этилган гетерокомпозит материаллар таркиби ва турлари**

Гетерокомпозит материаллар компонентлари ва таркиби										
Компонентлар	ГКТЛ-1	ГКТЛ-2	ГКТЛ-3	ГКТЗ-1	ГКТЗ-2	ГКТЗ-3	ГКСЗ-1	ГКСЗ-2	ГКСЗ-3	ГКСЗ-4
ЭД-20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ПЭПА	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ГС	6	8	10	8	10	12	6	8	10	12
АКТ-10	25	25	25	30	30	30	-	-	-	-
АКС-30	-	-	-	-	-	-	15	15	10	10

Изох: ГКТЛ-1 – листли конструкция материаллар сиртлари учун АКТ-10 тўлдирувчи гетерокомпозит материаллар, ГКТЗ- мураккаб конфигурацияли деталлар учун АКТ-10 тўлдирувчи гетерокомпозит куйма материаллар учун, ГКСЗ- мураккаб конфигурацияли деталлар учун АКС-30 тўлдирувчи гетерокомпозит куйма материаллар



1 – электромотор, 2 – етакловчи шкив, 3 – етакланувчи шкив, 4 – шнек винглари, 5 – айлантирувчи тасма, 6 – жёлоб, 7 – подшипник.

**7-расм. Гетерокомпозит материаллар асосидаги қопламаларни йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ишчи сиртларида шакллантириш технологияси**

Ишлаб чиқилган гетерокомпозит материалларнинг физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш асосида уларнинг мустаҳкамлик ва механик хоссалари қониқарлилиги аниқланди.

Таклиф этилган қурилманинг антифрикцион қоплама шакллантиришдаги оптимал айланиш тезлиги 10-15 айл/мин бўлган ҳолда мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ишчи сиртлари учун ГКТЗ-1, ГКТЗ-2, ГКТЗ-3, ва ГКСЗ-1, ГКСЗ-2, ГКСЗ-3, листсимон конструкция материаллар учун қовушқоқлиги нисбатан паст, оқувчанлиги яхши бўлган ГКТЛ-1, ГКТЛ-2, ГКТЛ-3 таркиблар тавсия этилади. Гетерокомпозит аралашмаларининг қовушқоқлик тавсифлари 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал

**Қопламалар учун гетерокомпозит материалларнинг қовушқоқлик тавсифи**

Тавсифлар	ГКТЛ-1	ГКТЛ-2	ГКТЛ-3	ГКТЗ-1	ГКТЗ-2	ГКТЗ-3	ГКСЗ-1	ГКСЗ-2	ГКСЗ-3	ГКСЗ-4
Оқиш вақти, с	350	360	371	375	380	383	450	465	479	495
Кинематик қовушқоқлик, сСт	5510	5515	5517	5520	5534	5536	5556	5567	5578	5580
Динамик қовушқоқлик, МПа*с	6,3	6,4	6,56	6,62	6,69	6,69	6,61	6,67	6,68	6,69

Диссертация ишининг тадқиқот натижалари «QORASUV PAHTA TOZALASH» АЖ корхонасида синовдан ўтказилиб жорий этилишида 160 млн сўм миқдорида йиллик реал иқтисодий самарадорликка эришилди. Шу билан бирга йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар иш унуми 10-12% га, узокка чидамлигини 1,3-1,5 баробар ошганлиги, ишлаб чиқариш шовкинни 2-3 марта камайтириб ноёб жорий этилган янги техник ечим сифатида тасдиқланган.

## ХУЛОСА

1. Гетерокомпозит материаллар полимер аралашмалари реологиясини ўрганиш асосида, йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозларнинг ишчи сиртларида қопламанинг бир хил қалинлигини таъминлаш учун компонентларни зарур таркиблари тавсия этилди.

2. Қуёш иссиқлик энергиясининг бевосита таъсири полимер гетерокомпозит аралашмасининг таркибидаги ГС модификатори ва боғловчи олигомер ЭД-20 молекулалари функционал фаол гуруҳларининг бир текис тақсимланишини ва

уларнинг ориентациясини таъминлайдиган оқувчанликни ошиши реологик хусусиятларни бошқариш имконини бериши билан изоҳланади.

3. АКТ-10, АКС-30 тўлдирувчилари ва ГС модификаторининг миқдори қоплама қалинлиги ошишига таъсир натижасида уларнинг миқдорини кўпаиши ва тўлдирувчи заррачалари ўлчамларининг камайиши гел хосил бўлиш вақтини камайтириш ҳисобига қоплама қалинлигини ошишига модификаторининг керакли миқдори 6-10 мас.к листли конструкцион материаллари қопламалари учун ва йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар сиртларида 8-12 мас.к бўлиши аниқланди.

4. Ньютоннинг интерполацион формуласи ва Лагранж методидан фойдаланиб, реологик параметрларни ҳисобга олган ҳолда, гетерокомполит материаллар ва қопламаларни структурасини шакллантириш жараёнлари натижаларига математик ишлов бериб, йирик ўлчамли ва мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозлар ва листсимон конструкцион материаллари учун мўлжалланган гетерокомполитлардан фойдаланиш тавсия этилди.

5. Йирик ўлчамли технологик жиҳозлар учун листсимон конструкцион материаллар сиртларида 1-1,5 мм бўлган ГКТЛ-1, ГКТЛ-2, ГКТЛ-3 гетерокомполит қопламалар, мураккаб конфигурацияли жиҳозлар учун қалинлиги 1,5-2,5 мм бўлган ГКТЗ-1, ГКТЗ-2, ГКТЗ-3, ГКСЗ-1, ГКСЗ-2, ГКСЗ-3, ГКСЗ-4 куйма материалларининг таркибларидан мақсадли фойдаланиш тавсия этилди.

6. Йирик ўлчамли мураккаб конфигурацияли технологик жиҳозларнинг ишчи сиртларида қўллаш учун маҳаллий ашёлар асосида гетерокомполит полимер материаллар қопламаларининг такомиллаштирилган таркиби ва технологияси тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ДОКТОРА НАУК DSc. 15/27.02.2020.Т.73.02 ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**МИРАДУЛЛАЕВА ГАВХАР БАКПУЛАТОВНА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛИ-  
МЕРНЫХ ЗАЛИВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ**

05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных, цветных и редких металлов. Технология редких, ценных и радиоактивных элементов

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2020.3. PhD/T593.

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

**Научный руководитель:** Зиямухамедова Умида Алижановна  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Абдурахманов Умарбек  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
Курбанов Миртемир Шодиевич  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:** Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится « 17 » 011 2021 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.15/27.02.2020.T.73.02 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Адылходжаева, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - 021). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Адылходжаева, 1. Тел.: (99871) 299-05-66).

Автореферат диссертации разослан « 1 » 04 2021 года.  
(протокол реестра № 2 от « 31 » 03 2021 года).



**А.В. Умаров**  
Председатель Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**А.А. Тешабаева**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

**Ш.С. Файзибаев**  
Председатель научного семинара,  
при Научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

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

Актуальность темы диссертации и востребованность результатов исследования. В настоящее время в мире производятся заливочные материалы и покрытия из гетерокомпозиционных материалов с высокими прочностными и эксплуатационными свойствами для технологических оборудований наземного и подземного водного и воздушного транспорта, химической, пищевой промышленности и сельского хозяйства. Вместе с тем, учитывая требования к современным технологиям и машинам, уделяется особое внимание созданию новых составов и технологий получения гетерокомпозиционных полимерных материалов, устойчивых к трению и воздействию внешней среды, на основе заданных технологических, реологических, физико-механических и триботехнических свойств.

В мире придается большое значение созданию защитных покрытий на основе термореактивных гетерокомпозиционных полимерных материалов для формовочных и неформовочных изделий, применяемых в машиностроительной, авиастроительной, химической, нефтегазовой, пищевой, хлопкоперерабатывающей, строительной отраслях и в сельском хозяйстве. С учётом требований к материалам, на основе заданных технологических, реологических и физико-механических свойств, ведутся научные исследования по влиянию различных факторов на состав химических структурообразователей гетерокомпозиционных покрытий, работающих в агрессивных и абразивных средах для крупногабаритного сложноконфигурационного оборудования.

В Республике Узбекистан в последние годы ведутся научные исследования и достигнуты значительные успехи в развитии отраслей машиностроения, авиации, химии, нефти и газа, пищевой, хлопковой и сельского хозяйства, локализации технологий и комплексуемых частей с применением гетерокомпозиционных для соответствия мировым стандартам по работоспособности и качеству. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определена задача на «...дальнейшую модернизацию и диверсификацию промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, а также сокращение энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий...»<sup>1</sup>. В соответствии с этим создание составов гетерокомпозиционных материалов с учётом их реологических свойств с целью применения в качестве заливочных материалов и полифункциональных покрытий является актуальной задачей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистан ПП-2916 от 21 апреля 2017 года «О мерах по кардинальному совершенствованию и развитию системы обращения с отходами на 2017-2021 годы», УП-2298 от 11 февраля 2015 года «О программе

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

локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2015-2019 годы», УП-4891 от 6 апреля 2017 года «Критический анализ производства, и состава товаров (работ, услуг), углубление локализации производств, направленных на импортозамещение», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие темы диссертации с приоритетными направлениями науки и технологии в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение»

**Степень изученности проблемы.** Исследования в области разработки составов и технологий гетерокомпозитных заливочных материалов и покрытий были проведены учёными: J.W. Gilman, R.Kruze, F. Bondioli, D. Olmos, A.Shahin, A. Gandhi, M. Alexandre, M.I. Abdou1, J.Xu,, A.A., Белым В.А., Липатовым Ю.С., Свириденко А.И., Струк В. А.А., Аскарковым М.А., Джалиловым А.Т., Негматовым С.С., Рашидовой С.Ш., Ибодуллаевым А., Умаровым А.В., Рискуловым А.А., Зиямухамедовой У.А., Тешабаевой Э.У.

Ими были изучены физико-химические явления в межфазном слое полимер-наполнитель. На основе изучения процесса полимеризации и влияния составляющих компонентов на отверждение улучшены физико-механические свойства высоконаполненных композиционных материалов на основе термореактивных связующих и неорганических, в том числе минеральных, наполнителей. Определены взаимосвязи между структурными характеристиками и природой поверхности в гетерогенных системах, получены композиционные материалы с внедрением энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Вместе с тем в настоящее время по составляющим частям машин и аппаратов, применяемым в машиностроении, в авиакосмическом, химической, нефтегазовой, пищевой, хлопковой, строительной отраслях промышленности и в сельском хозяйстве, для увеличения надёжности проводятся исследования по изучению механизма реологических свойств композиции при формировании межфазных структур, а также по взаимосвязи структурных свойств и природы поверхности в гетерогенных системах при получении полифункциональных гетерокомпозитных покрытий из органоминеральных материалов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательским планом Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова в рамках фундаментального гранта №ОТ-Ф-2-41 на тему «Исследования функциональных свойств и структурные процессы формирования гетерокомпозитных полимерных материалов на основе местных энергетических ресурсов и сырья для машиностроения».

**Целью исследования** является исследование реологических параметров и технологических свойств гетерокомпозитных полимерных заливочных материалов и покрытий, совершенствование их состава и технологии.

**Задачи исследования:**

определение современного состояния проблемы получения покрытий на рабочих поверхностях крупногабаритных сложноконфигурационных технологических оборудований активационно-гелиотехнологическим способом;

определение ингредиентов на основе местного сырья для получения гетерокомпозитных полимерных материалов и покрытий на их основе, установление влияния количества структурного модификатора на структурообразование исходя из механизма гелеобразования, характеризующего жизнеспособность гетерокомпозитной смеси;

выбор методов и средств исследования реологии гетерокомпозитных смесей для обеспечения равномерности толщины и свойств покрытий на поверхности крупногабаритных и сложноконфигурационных технологических оборудований;

обоснование технологических и теоретических аспектов управления реологическими параметрами для обеспечения требуемых свойств и эксплуатационной надёжности покрытий для листовых конструкционных материалов и сложноконфигурационных деталей;

определение влияния вида минерального наполнителя Ангренского каолина производственных марок на эксплуатационную надёжность антифрикционных покрытий при взаимодействии с хлопком;

совершенствование состава и технологии нанесения гетерокомпозитных полимерных материалов и покрытий на основе местного сырья для покрытия рабочих поверхностей конструкционных материалов крупногабаритного и сложноконфигурационного технологического оборудования.

**Объектами исследования** являются гетерокомпозитные материалы и покрытия на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов Республики Узбекистан.

**Предметом исследования** является структурообразование гетерокомпозитных материалов и покрытий, влияющих на процесс гелеобразования и жизнеспособность гетерокомпозитных смесей в зависимости от вида наполнителя Ангренского каолина и химического структурообразователя.

**Методы исследований.** В процессе исследования применены стандартные методы и приборы, такие как ИК-спектроскопия, вязкозиметрия, электронная микроскопия, методы исследования триботехнических, технических и технологических свойств материалов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

изучено влияние реологических свойств на структурообразование гетерокомпозитных полимерных покрытий, полученных активационно-гелиотехнологическим способом;

установлено влияние требуемого содержания структурообразующего компонента и теплового воздействия солнечной энергии на реологические свойства гетерокомпозитных материалов и покрытий за счёт изменения вязкости полимерной смеси, способствующей повышению текучести, обеспечивающей более равномерное распределение молекул структурообразующих компонентов и ориентации их функциональных групп;

отмечено, что содержание наполнителей АКТ-10, АКС-30 и структурного модификатора ГС приводит к увеличению толщины защитных покрытий, объясняемому уменьшением времени гелеобразования и более активным влиянием наполнителя на структурообразование;

исходя из реологических свойств гетерокомполитных смесей определён механизм структурообразования в зависимости от химического состава минеральных наполнителей АКТ-10 и АКС-30 и функционально активных групп структурообразующего химического модификатора ГС и полимерного связующего ЭД-20 под влиянием воздействия солнечного излучения;

выявлено требуемое количество химического структурного модификатора ГС в количестве 6-10 мас.ч применительно к покрытиям листовых конструкционных материалов, и 8-12 мас.ч для деталей крупногабаритных сложноконфигурационных технологических оборудований;

усовершенствован состав покрытий на основе гетерокомполитных полимерных материалов с использованием местного сырья для рабочих поверхностей конструкционных материалов крупномасштабных сложноконфигурационных технологических оборудований и разработаны способы нанесения с учетом их реологических свойств.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем: разработаны составы гетерокомполитных материалов и антифрикционных покрытий, полученных на основе местных сырьевых ресурсов с помощью активационно-гелиотехнологического метода для рабочих поверхностей крупногабаритного сложноконфигурационного технологического оборудования;

выбраны методы и средства исследования реологии гетерокомполитных смесей, обеспечивающие однородность толщины и свойств покрытий на поверхности крупногабаритного и сложноконфигурационного технологического оборудования;

определены теоретические и технологические аспекты управления реологических параметров для обеспечения требуемых свойств и эксплуатационной надежности покрытий, применяемых на рабочей поверхности крупногабаритного и сложноконфигурационного технологического оборудования и листовых конструкционных материалов;

усовершенствован состав гетерокомполитных полимерных материалов и покрытий на основе местного сырья для нанесения на рабочие поверхности конструкционных материалов крупногабаритного и сложноконфигурационного технологического оборудования и разработаны способы их применения.

**Достоверность результатов исследования** основывается на результатах анализа химических, физико-химических, физико-механических, эксплуатационных, технологических свойств гетерокомполитных антифрикционных покрытий, полученных на современных аккредитованных приборах, подтвержденных математической обработкой результатов исследования процесса структурообразования гетерокомполитных покрытий с учётом их реологических свойств, а также опытно-промышленными испытаниями и разработкой усовершенствованных составов гетерокомполитных покрытий для конструкционных материалов

крупногабаритных и сложноконфигурационных оборудований.

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

Научная значимость полученных результатов исследования основана на научном обосновании установленной зависимости формирования структуры от количества структурного модификатора, при изучении механизма гелеобразования, характеризующего жизнеспособность гетерокомполитной смеси антифрикционных покрытий, полученных активационно-гелиотехнологическим способом.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что они служат для получения при взаимодействии с хлопком антифрикционных покрытий из гетерокомполитных материалов путем регулирования реологических свойств. Последнее необходимо при формировании покрытий на рабочих поверхностях конструкционных материалов крупногабаритных сложноконфигурационных технологических оборудований.

**Внедрение результатов исследования** на основе полученных результатов исследований по изучению реологических свойств и технологических параметров гетерокомполитных полимерных заливочных материалов и покрытий, совершенствованию их состава:

оптимальные составы антифрикционных покрытий для рабочих поверхностей технологических оборудований первичной переработки хлопка были внедрены на предприятии АО «QORASUV PAXTA TOZALASH» (справка АО «O'ZPAXTASANOAT» № 03-18/1851 от 18 июня 2020г.). В результате увеличилась производительность оборудований на 10-12%;

внедрен активационно-гелиотехнологический способ регулирования реологических свойств гетерокомполитных полимерных заливочных материалов и покрытий с улучшенным составом (справка АО «O'ZPAXTASANOAT» № 03-18/1851 от 18 июня 2020г.). В результате увеличился срок службы технологических оборудований в 1,3-1,5 раза.

созданные антифрикционно - износостойкие гетерокомполитные материалы и покрытия внедрены на предприятии по первичной переработке хлопка (справка АО «O'ZPAXTASANOAT» № 03-18/1851 от 18 июня 2020г.). В результате достигнута возможность уменьшения степени производственного шума в 2-3 раза.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований апробированы на 11, из них 8 на международных и 3 на республиканских конференциях.

**Публикации результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 22 научные работы, из них 9 научных статей, в числе которых 7 статей в республиканских и 2 статьи в зарубежных журналах, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертации (PhD), одно свидетельство на программу ЭВМ и одна монография (27,5 п.л) в соавторстве.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложений. Объем диссертации составляет 100 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «Современное состояние проблемы разработки защитных покрытий и обоснование цели и задачи исследования» приведены сведения по общему понятию реологии гетерокомпозиционных материалов и теоретические основы реологических свойств наполненных систем, основные компоненты полимерных смесей, влияющих на структуру и свойства гетерокомпозиционных материалов.

На основе анализа работ и достижений ведущих учёных мира отмечено, что одним из эффективных способов защиты металлоконструкций от фрикционного, абразивного и коррозионного воздействий в процессе эксплуатации является применение различных полимерных и композиционных материалов. Выявлено, что несмотря на достаточно высокий уровень научно-методологических и технических решений в экономических отраслях Республики Узбекистан, в частности, машиностроительной промышленности, недостаточно уделяется внимания защитным покрытиям поверхностей крупногабаритных, в то же время сложноконструкционных деталей технологических оборудования. Анализируя работы в этой области, нами найдены некоторые пробелы по применению активационно-гелиотехнологического способа для получения антифрикционных покрытий с учётом реологических свойств и рационального использования местных минералов, в частности, различных марок местного каолина, имеющих промышленный выпуск. На основе вышеизложенного сформулированы цель и задачи исследования диссертационной работы.

Вторая глава диссертации «Выбор объекта, методов и средств для исследований» посвящена выбору объекта, методики и средства для изучения физико-механических, реологических и эксплуатационных свойств защитных покрытий. В качестве объекта исследования взяты реологические, технологические, физико-механические свойства заливочных гетерокомпозиционных материалов и покрытий на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов (Табл.1).

Таблица 1

Материалы, выбранные для покрытия

№	Наименование материала	ГОСТ или ТУ	Примечание
1	Эпоксидная смола (ЭД-20)	ГОСТ 10587-72	Терморезактивное связующее
2	Дибутилфталат (ДБФ)	ГОСТ 8728-76	Пластификатор
3	Госсиоловая смола	O'zDSt86-38:2001	Структурообразователь
4	Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	ТУ 6-02-594-70	Отвердитель
5	Марки каолинов: АКФ-78, АКС-30, АКТ-10)	O'z DSt 1056:2004	Наполнитель (d≤20 мкм)

Исходя из цели и задач исследования были взяты полимерные связующие и структурообразующие компоненты, не обеспечивающее применение активационно-гелиотехнологического метода модификации гетерокомпозиционных покрытий для листовых и сложноконструкционных технологических оборудования с учётом их реологических свойств. В качестве связующего мы использовали терморезактивный олигомер ЭД-20, выбор которого обусловлен его высокой технологичностью для получения покрытий на поверхности крупногабаритных технологических оборудования. В качестве отвердителя был применён наиболее распространенный алифатический амин - полиэтиленполиамин (ПЭПА), позволяющий снизить предел прочности на сжатие материала.

Таблица 2

Область применения каолинов производства предприятия ООО «AngrenKaolin»

Марка	Область применения
АКФ-78	Для производства печатной и писчей бумаги с применением небеленой целлюлозы с древесной массой
АКС-30	Для производства фарфоровых, фаянсовых, керамических изделий
АКТ-10	Для производства чистящих средств бытовой химии, резинотехнических, пластмассовых, лакокрасочных изделий

Примечание: в обозначении марок приняты следующие сокращения:  
 - АКФ-78 - ангренский каолин для производства бумаги, имеющий 78% белизны;  
 - АКС-30 - ангренский каолин для производства керамических изделий (фарфора, фаянса), содержащий оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ) -  $(30 \pm 2) \%$ ;  
 - АКТ-10 - ангренский каолин, используемый в качестве наполнителя, содержащий оксид алюминия - ( $Al_2O_3$ ) -  $(10 \pm 2) \%$ .

Применение доступного сырья – госсиоловой смолы в качестве структурообразователя позволяет получить полимеры на основе эпоксид- и азотсодержащих соединений.

В настоящее время в Узбекистане на предприятии ООО «Angren-Kaolin» в Ангренском районе Ташкентской области производится обогащенный каолин марок АКФ-78, АКС-30, АКТ-10, которые широко используются в различных экономических отраслях Республики Узбекистан (Табл.2). Для исследования

выбраны марки каолинов АКФ-78, АКС-30, АКТ-10. Минеральный каолинит с общим составом  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  (или записанный в терминах оксидов:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) является основным компонентом каолина (> 98%). Химическая структура каолинита показана на рис.1. Каолинитовый минерал состоит из последовательных глиноземных октаэдрических и кремниевых тетраэдрических листов, которые образуют общую плоскость атомов кислорода. Атомы алюминия образуют октаэдрические листы со структурой, аналогичной  $\gamma-Al(OH)_3$  или гиббсит. Из комбинации листов в свою очередь образуются слои, которые связаны водородом.

На основе приведённых данных были изучены физико-механические, реологические и эксплуатационные свойства антифрикционных покрытий при трении с хлопком для применения на поверхностях листовых конструктивных материалов и сложноконфигурационных технологических оборудований; толщину покрытия, физико-механические, структурные, реологические и эксплуатационные свойства определяли общеизвестными стандартными методами.

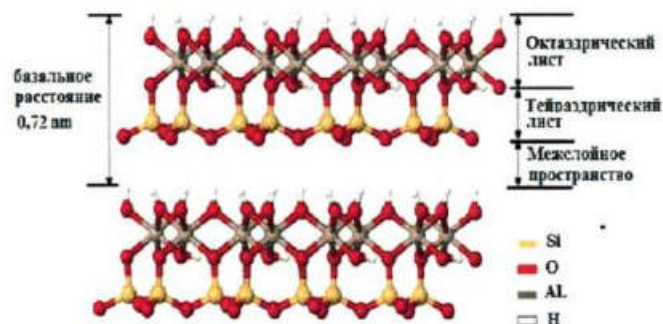


Рисунок 1. Структура каолинита

В третьей главе диссертации «Исследование влияния реологических параметров на структурообразование гетерокомпозиционных покрытий, полученных активационно-гелиотехнологическим способом» приведены результаты экспериментальных исследований влияния вида и количества минерального наполнителя и структурного модификатора на межфазные явления, реологию и эксплуатационные свойства гетерокомпозиционных смесей, а также оптимизацию их составов. Предложено целевое применение по составу и свойствам гетерокомпозиционных покрытий.

Из-за больших габаритов технологических машин, применяемых в различных областях промышленности и сложной конфигурации их деталей, в настоящее время не представляется возможным физически модифицировать гетерокомпозиционные материалы на поверхности деталей рабочих органов машин известными методами. В связи с этим нами были проведены исследования по влиянию реологии гетерокомпозиционных материалов и их влиянию на технологические

свойства и толщину покрытия при их формировании под действием солнечной энергии. На процесс структурообразования покрытий влияет реология полимеров, которая зависит от процесса гелеобразования, и характеризует период жизнеспособности полимерного компаунда.

На рисунке 2 представлены зависимости времени гелеобразования от содержания дибутилфталата (ДБФ) и госсиполовой смолы ГС (рис 2а) и краевого угла смачивания наполнителя от количества модификатора ГС (рис 2б). Эксперименты проводились в условиях города Ташкента при температуре окружающей среды в тени ( $30 \pm 2$ ) и на открытой местности ( $42 \pm 2$  °С). Интенсивность естественной солнечной радиации -  $710-750$  Вт/м<sup>2</sup>. Структурное модифицирование гетерогенной системы госсиполовой смолой при активационно-гелиотехнологическом способе формирования покрытий позволяет пластифицировать эпоксидного олигомера ЭД-20. При этом немаловажное значение можно придать углу смачивания наполнителя. Для изучения данного явления были проведены эксперименты по изучению зависимости краевого угла смачивания поверхности каолинов АКФ-78; АКС-30; АКТ-10 от содержания структурного модификатора ГС (рис. 2б); показано, что механо-химическое модифицирование гетерокомпозиционной системы «связующее-наполнитель» увеличивает смачиваемость наполнителя на 25-30%. Наиболее эффективным является содержание ГС равное 6-14 мас.ч.

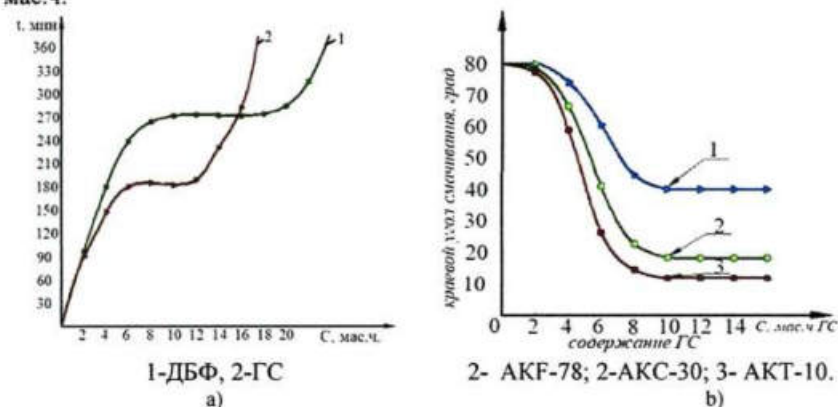


Рисунок 2. Зависимость времени гелеобразования от содержания и количества структурообразующих компонентов полимерных смесей (а) и краевого угла смачивания наполнителя от количества модификатора ГС(б)

Как видно из рисунка, наиболее стабильные значения времени гелеобразования наблюдаются в компаундах, содержащих ДБФ в пределах  $10 \div 20$  мас.ч. при времени гелеобразования 270 минут и в компаундах, с содержанием ГС в пределах  $6 \div 12$  мас.ч. при времени гелеобразования 180 минут. Дальнейшее увеличение содержания ДБФ и ГС приводит к уменьшению времени гелеобразования разной интенсивности и ухудшению технологических свойств гетерокомпозиционного материала. На основе проведённых исследований выявлена



целесообразность применения ГС в пределах 6+12 мас.ч. Содержание отвердителя ПЭПА во всех составах принято в количестве 12 мас.ч.

Вязкостные свойства композитов на основе эпоксидных олигомеров с каолином зависят от дисперсности, природных свойств и количества добавляемых в них наполнителей. В связи с этим было изучено влияние различных марок каолина на реологические свойства гетерокомпозиционных смесей (табл. 3).

Таблица 3

**Вязкостные характеристики гетерокомпозиционных смесей**

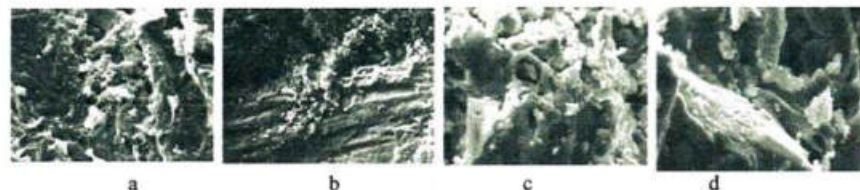
№	Состав смеси	Время истечения (t, с) при содержании структурообразователя ГС (мас.ч.)				
		0	6	8	10	12
1	ЭД-20	160	250	265	282	300
2	ЭДК+10 мас.ч. АКТ-10	220	230	235	240	255
3	ЭДК+20 мас.ч. АКТ-10	334	325	340	354	373
4	ЭДК+30 мас.ч. АКТ-10	355	365	375	380	383
5	ЭДК+10 мас.ч. АКС-30	465	450	465	479	495
6	ЭДК+20 мас.ч. АКС-30	645	535	554	576	695
7	ЭДК+30 мас.ч. АКС-30	680	790	810	814	820-
8	ЭДК+10мас.ч. АКФ-78	721	850	895	--	-
9	ЭДК+20 мас.ч. АКФ-78	813	-	-	-	-
10	ЭДК+30 мас.ч. АКФ-78	910	-	-	-	-

Примечание: диаметр сопла 6 мм, температура T=25°C

На основе полученных результатов исследований предложено, с технологической позиции структурообразования гетерокомпозиционных смесей, применение наполнителя АКТ-10 в количестве 10,20,30 мас.ч. и АКС-30 в количестве 10 мас.ч. модифицированных ГС.

На рисунке 3 показаны снимки покрытий на основе гетерокомпозиционной смеси полученной на основе немодифицированного (а) и модифицированного (б) каолина АКТ-10 в количестве 30 мас.ч. (количество структурного модификатора ГС, 12 мас.ч.), где видно, что структура покрытия относительно гладкая и однородная. На рис.3 с, d можно увидеть образование агломераций в результате уменьшения размера частиц наполнителя АКС-30 (15+25 мкм), приводящее к увеличению вязкости и ухудшению технологических свойств гетерокомпозиционных покрытий.

На основе полученных результатов исследования можно сделать вывод, что структурообразование гетерогенных смесей зависит от размеров частиц минеральных наполнителей АКТ-10 и АКС-30, функционально активных групп структурообразующего химического модификатора ГС, полимерного связующего ЭД-20 и метода модификации гетерокомпозиционных смесей в стадии их формирования.



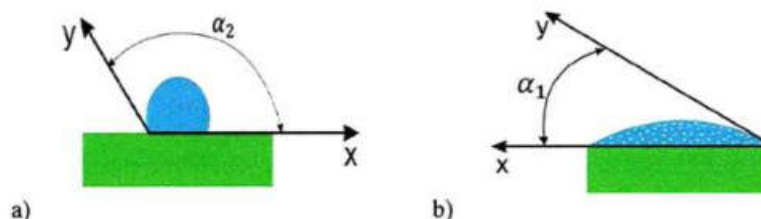
а- АКТ-10 (30 мас.ч.), б- АКТ-10 (30 мас.ч.)+ГС (12 мас.ч.),  
с-АКС-30 (10 мас.ч.), д-АКС-30 (10 мас.ч.)+ГС (12 мас.ч.)

**Рисунок 3. Микрофотографии поверхности гетерокомпозиционных покрытий, полученных физико-химическим методом модификации (x1000)**

Улучшение смачивания каолиновых наполнителей эпоксидной смолой в присутствии ГС объясняется следующими причинами: модификатор снижает внутреннюю энергию связующего и способствует образованию устойчивых ионных связей между макромолекулами эпоксидного олигомера и катионами наполнителя ( $Fe^{+3}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Si^{+4}$  и др.), образованными в процессе механоактивации наполнителя;

уменьшается поверхностное натяжение на границе раздела фаз «связующее-наполнитель» за счет взаимодействия функционально активных групп макромолекул эпоксидного олигомера и структурного модификатора ГС, в результате также усиливается пластифицирующий эффект, как следствие улучшается смачиваемость наполнителя;

усиливается также адсорбционное взаимодействие вследствие поверхностной диффузии и миграции молекул модифицированного эпоксидного олигомера и активированного каолинового наполнителя. Это, по-видимому, повышает контакт на границе раздела фаз «эпоксидный олигомер – каолин» (рис. 4).



а) не модифицированных; б) механоактивированного модификатора и модифицированного связующего с ГС.

**Рисунок 4. Смачивание частиц наполнителя**

Структурный модификатор вводили в связующее в количестве 6-12 мас.ч., с учётом технологической вязкости. Количество отвердителей составляло 10-12 мас. ч. на 100 мас. ч. пленкообразователя. Теоретические исследования реологических свойств гетерогенных систем-весьма сложный процесс, а практическая их применимость к реальным системам весьма ограничена. Это связано с влиянием достаточно многочисленных факторов: размером частиц; рельефом их поверхности, наличием дефектов в различных уровнях структуры поверхности и

т.д. Поэтому при исследовании значений критического объема наполнения нами выбраны качество (шероховатость) поверхности покрытия и толщина.

На рисунке 5 представлены результаты исследования зависимости параметров шероховатости  $R_z$  и толщины антифрикционных покрытий от содержания минерального наполнителя.

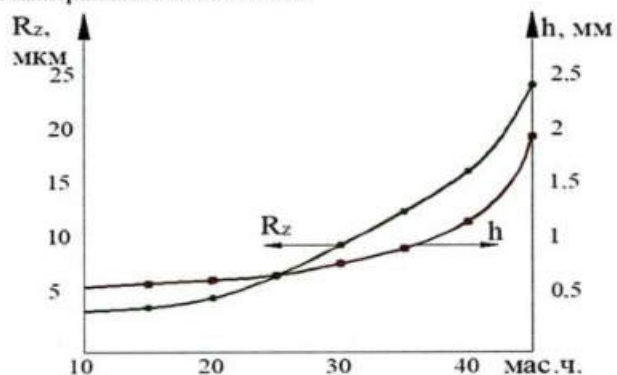


Рисунок 5. Зависимость микрошероховатости  $R_z$  и толщины свободно формируемого эпоксидного покрытия от содержания минерального наполнителя АКТ-10.

Из рисунка 5 видно, что при увеличении содержания наполнителя до 60 мас.ч. увеличивается как  $R_z$ , так и  $h$ . Наиболее оптимальным по значению  $R_z$  является предельное наполнение 25÷30 мас.ч. В этой связи за критическое значение наполнения нами рекомендовано 30 мас.ч. минерального дисперсного наполнителя.

Таким образом, рекомендуемое количество наполнителя АКТ-10 для покрытий оборудования, изготавливаемых из листовых конструкционных материалов, составляет 25 мас.ч., для деталей сложноконфигурационных технологических оборудования - 30 мас.ч. и наполнителя АКС-30 составило 10÷15 мас.ч. в зависимости от содержания структурного модификатора ГС.

В четвертой главе диссертации «Математическая обработка результатов исследования по выявлению оптимального состава и технологии формирования гетерокомпазитных материалов и покрытий с учётом их реологических свойств» приведены результаты исследования по определению границ применения покрытий, их апробации, внедрению и оценке экономической эффективности с помощью математической обработки.

При обработке результатов экспериментальных данных на основе определённого плана и интерполяционного подхода обосновывается достоверность исследований. Области применения интерполяции - открытие и уточнение законов природы, прогнозирование, планирование и обработка данных эксперимента, моделирование, управление различными объектами и т. п. Теория интерполяции совместно с теорией подобия и размерностей является научной основой моделирования, которое во многих случаях просто необходимо. Интерполяция может

служить инструментом проверки истинности закона, полученного теоретически. Существуют различные формулы, позволяющие получить интерполяционный многочлен, одним из таких является интерполяционная формула Ньютона с применением метода Лагранжа.

Исходя из нашего исследования и полученных данных экспериментов, применили формулу Ньютона, который имеет следующий вид:

$$P_n(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h}(x-x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2}(x-x_0)(x-x_1) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n}(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-1}) \quad (1)$$

Воспользуясь этой формулой, как одной из возможных форм записи интерполяционного многочлена второй степени, получим:

$$P_2(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h_0}(x-x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h_0^2}(x-x_0)(x-x_1) \quad (2)$$

На основе результатов экспериментальных исследований для всех составов (табл 3) получено следующее уравнение регрессии:

$$P_{1,0-1-10} = 0,625x^4 - 17,06x^3 + 152,1x^2 - 397,7x + 805, \quad (3)$$

и графическое изображение представлено на рис.6.

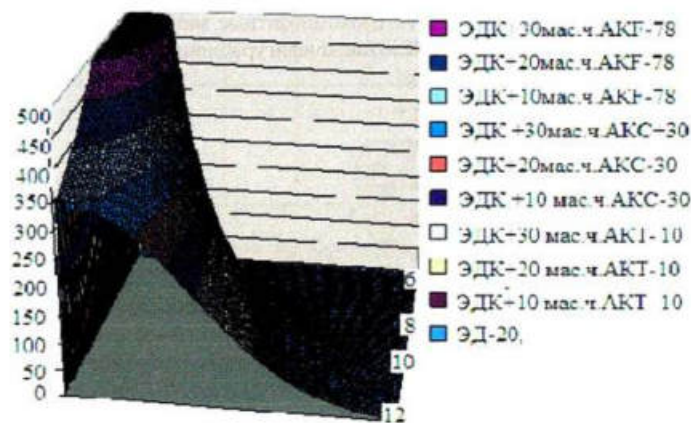


Рисунок 6. Пространственные изменения состава смеси

На основе исследования основных факторов, влияющих на реологию формирования покрытий, предложены составы гетерокомпазитных материалов для покрытий антифрикционного назначения при взаимодействии с хлопком (табл. 4) и технология формирования на рабочих поверхностях крупногабаритных и сложноконфигурационных технологических оборудования (рис.7) для получения равномерной толщины.

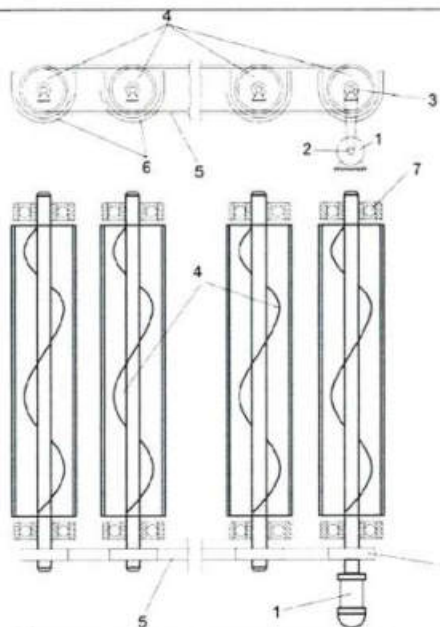
Результаты исследований основных физико-механических свойств разработанных составов показали, что они удовлетворяют всем требованиям по прочностным и механическим свойствам.

Таблица 4

Составы гетерокомпозитных материалов, рекомендуемых для применения на рабочей поверхности крупногабаритных и сложноконфигурационных оборудований

Составы и компоненты гетерокомпозитных материалов										
Компоненты	ГКТЛ-1	ГКТЛ-2	ГКТЛ-3	ГКТЗ-1	ГКТЗ-2	ГКТЗ-3	ГКСЗ-1	ГКСЗ-2	ГКСЗ-3	ГКСЗ-4
ЭД-20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ПЭПА	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ГС	6	8	10	8	10	12	6	8	10	12
АКТ-10	25	25	25	30	30	30	-	-	-	-
АКС-30	-	-	-	-	-	-	15	15	10	10

Примечание: ГКТЛ-1 -гетерокомпозитные материалы с наполнителем АКТ-10 для покрытий поверхностей листовых конструкционных материалов, ГКТЗ- гетерокомпозитные материалы с наполнителем АКТ-10 для заливочных материалов сложноконфигурационных деталей; ГКСЗ- гетерокомпозитные материалы с наполнителем АКС-30 для заливочных материалов сложноконфигурационных деталей



1 – электромотор, 2 – ведущий шкив, 3 – ведомый шкив, 4 – винты для шнека, 5 – вращающийся ремень, 6 – желоб, 7 – подшипник.

**Рисунок 7. Технология формирования ГКПП на рабочих поверхностях крупногабаритного технологического оборудования сложной конфигурации.**

Оптимальная скорость вращения с использованием предлагаемого нами устройства составляет 10-15 об/мин. для антифрикционных покрытий на рабо-

чих поверхностях. Для сложноконфигурационных технологических оборудований целесообразно применение составов ГКТЗ-1, ГКТЗ-2, ГКТЗ-3 и ГКСЗ-1, ГКСЗ-2, ГКСЗ-3. Для покрытий листовых материалов рекомендуются ГКТЛ-1, ГКТЛ-2, ГКТЛ-3, текучесть которых лучше за счёт сравнительно низкой вязкости в зависимости от вида и состава компонентов. Вязкостные характеристики смесей гетерокомпозитных материалов приведены в табл.5.

Таблица 5

Вязкостные характеристики гетерокомпозитных материалов для покрытий

Характеристики	ГКТЛ-1	ГКТЛ-2	ГКТЛ-3	ГКТЗ-1	ГКТЗ-2	ГКТЗ-3	ГКСЗ-1	ГКСЗ-2	ГКСЗ-3	ГКСЗ-4
Время истечения,с	350	360	371	375	380	383	450	465	479	495
Кинематическая вязкость сСт	5510	5515	5517	5520	5534	5536	5556	5567	5578	5580
Динамическая вязкость, МПа*с	6,3	6,4	6,56	6,62	6,69	6,69	6,61	6,67	6,68	6,69

Результаты исследований диссертационной работы прошли производственные испытания и внедрены с реальным экономическим эффектом 160 млн.сум в год. Это позволило повысить производительность крупногабаритных сложноконфигурационных технологических оборудований на 10-12%, долговечность в 1,3-1,5 раза, уменьшить производственный шум в 2-3 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.Рекомендованы оптимальные составы гетерокомпозитных материалов для рабочих поверхностей крупногабаритных и сложноконфигурационных технологических оборудований на основе изучения реологии полимерных смесей для обеспечения равномерной толщины покрытий.

2.Обосновано, что увеличение текучести, обеспечивающее равномерное распределение функционально активных групп модификатора ГС, связующего олигомера ЭД-20 и их ориентации в составе гетерокомпозитных смесей под непосредственным влиянием тепловой энергии солнца даёт возможность управления реологическими свойствами.

3. Установлено, что наполнители АКТ-10, АКС-30 и структурный модификатор ГС оказывают влияние на толщину покрытия, при этом увеличение их количества и уменьшение частиц наполнителя приводит к увеличению толщины покрытия, объясняемое снижением времени гелеобразования. Установлено, что необходимое количество модификатора составляет 6-10 мас.ч., для покрытий листовых конструкционных материалов и 8-12 мас.ч., для покрытий на поверхностях крупногабаритных, сложноконфигурационных технологических оборудования.

4. Предложено применением интерполяционной формулы Ньютона и метода Лагранжа с учётом реологических параметров математической обработки результатов исследования процесса структурообразования гетерокомпозиционных материалов и покрытий как для крупногабаритных и сложноконфигурационных технологических оборудования, так и листовых конструкционных материалов.

5. Рекомендовано целенаправленное применение гетерокомпозиционных покрытий ГКТЛ-1, ГКТЛ-2, ГКТЛ-3 толщиной 1-1,5 мм на поверхности листовых конструкционных материалов для крупногабаритных технологических оборудования, а для сложноконфигурационных технологических оборудования - заливочных материалов ГКТЗ-1, ГКТЗ-2, ГКТЗ-3 и ГКСЗ-1, ГКСЗ-2, ГКСЗ-3, ГКСЗ-4 толщиной 1,5-2,5 мм.

6. Рекомендованы совершенствованные составы и технология формирования покрытий из гетерокомпозиционных материалов на основе местного сырья для применения на рабочих поверхностях крупногабаритных и сложноконфигурационных технологических оборудования.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF  
DOCTOR OF SCIENCES DS from. 15 / 27.02.2020.T.73.02  
TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**  

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**MIRADULLAEVA GAVKHAR BAKPULATOVNA**

**STUDY OF RHEOLOGICAL PARAMETERS  
AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF HETEROCOMPOSITE  
POLYMER FILLING MATERIALS AND COATINGS**

**05.02.01- Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and metal pressure treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of rare, valuable and radioactive elements**

**ABSTRACT OF THESIS OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
IN TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2021**

The theme of doctoral dissertation (PhD) in technical sciences registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3. PhD/T593.

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

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website (www.tdtu.uz) and on the Information of the Educational Portal "ZiyoNet" (www.ziyo.net.uz).

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

**Official opponents:** Kurbanov Mirtemir Shodievich  
doctor of technical sciences, senior researcher


Abdurakhmanov Umarbek  
doctor phys.-mat. sciences, professor

**Leading organization:** Tashkent Institute of Chemical Technology

The defense of the thesis will take place "17" 04 2021 at 14<sup>00</sup> hours at a meeting of the scientific council DSc 15 / 27.02.2020.T.73.02 at the Tashkent State Transport University. (Address: 100167, Tashkent, Adilkhodjaev st., 1. Tel.: (99871) 299-00-01; fax: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit\_rektorat@mail.ru.

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent State Transport University (registration number - 021), (Address: 100167, Tashkent, Adilkhodjaev st., 1. Tel.: (99871) 299-05-66.

The synopsis of the thesis was sent "1" 04 2021.  
(protocol of the register № 2 dated "31" 03 2021).



**A.V. Umarov**  
Chairman of the Scientific Council  
for the award of academic degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**E.A. Teshabaeva**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for the award of academic degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Sh.S. Faizibaev**  
Chairman of the Scientific Seminar,  
at the Scientific Council for the award  
academic degrees doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the study of rheological parameters and technological properties of heterocomposite polymer casting materials and coatings, improving their composition and technology.

The objects of research are the rheological, technological, physical and mechanical properties of pouring heterocomposite materials and coatings based on local raw materials and energy resources.

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

The influences of rheological properties on the structure formation of heterocomposite polymer coatings obtained by the activation-heliotechnological method was studied;

the effect of the required content of the structure-forming component and the thermal effect of solar energy on the rheological properties of heterocomposite materials and coatings due to changes in the viscosity of the polymer mixture, which contributes to an increase in fluidity, provides a more uniform distribution of molecules of structure-forming components and the orientation of their functional groups;

it is noted that the content of fillers AKT-10, AKS-30 and the structural modifier GS leads to an increase in the thickness of protective coatings, explained by a decrease in the gelation time and a more active effect of the filler on structure formation;

based on the rheological properties of heterocomposite mixtures, the mechanism of structure formation was determined depending on the chemical composition of mineral fillers AKT-10 and AKS-30 and functionally active groups of the structure-forming chemical modifier GS and the polymer binder ED-20 under the influence of solar radiation;

the required amount of chemical structural modifier GS was revealed in the amount of 6-10 wt.h for coatings of sheet structural materials, and 8-12 wt.h for parts of large-size complex-configuration technological equipment;

the composition of coatings based on heterocomposite polymeric materials was improved using local raw materials for working surfaces of structural materials of large-scale complex-configuration technological equipment and methods of application were developed taking into account their rheological properties.

### Implementation of research results.

Based on the results of studies on the study of the rheological properties and technological parameters of heterocomposite polymer filling materials and coatings, improving their composition:

the optimal compositions of antifriction coatings for working surfaces of technological equipment for primary cotton processing were introduced at the enterprise of JSC "QORASUV PAXTA TOZALASH" (certificate of JSC "O'ZPAXTASANOAT" No. 03-18 / 1851 dated June 18, 2020). As a result, the equipment productivity increased by 10-12%;

an activation-heliotechnological method of regulating the rheological properties of heterocomposite polymer filling materials and coatings with an improved composition was introduced (certificate of JSC "O'ZPAXTASANOAT" No. 03-18 / 1851 dated

June 18, 2020). As a result, the service life of technological equipment has increased by 1.3-1.5 times.

the created anti-friction and wear-resistant heterocomposite materials and coatings have been introduced at the primary cotton processing plant (certificate of JSC "O'ZPAXTASANOAT" No. 03-18 / 1851 dated June 18, 2020). As a result, it is possible to reduce the degree of industrial noise by 2-3 times.

**The structure and scope of the dissertation.** The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of cited literature and applications. The volume of the thesis is 100 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

### I-бўлим (I-часть; I-part)

1. Основы обеспечения эксплуатационной надежности гетерокомпонитных полимерных материалов для деталей машин: монография / А.Б. Джумабаев, Б.А. Собиров, Г.Б. Мирадуллаева, Л.Ю. Бакиров, Ш.А. Халимов: (под общей ред. д.т.н., проф. А.Б. Джумабаева). –Ташкент: «TURON-IQBOL», 2018. –440 с.
2. Зиямухамедова У.А., Л.Ю. Бакиров., Мирадуллаева Г.Б. Исследование структуры и свойств материалов, полученных с использованием альтернативной энергии // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. ТашГУУ.-2017.-№3-4.-С.228-233. (05.00.00№21)
3. Ziyamukhamedova U.A., Bakirov L.Y., Miradullaeva G.B., Bektemirov B.Sh. Some scientific and technological principles of development of composite polymer materials and coatings of them for cotton machine // European science review № 3-4 2018 March-April Vienna Publishing 2018 С. 130-135. (05.00.00№16)
4. Miradullaeva G.B. Application of Anticorrosive Coatings Based on Modified English Kaolin and Epoxy Compound and Efficiency Evaluation Based on the Development of a Mathematical Process Model // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-4, November 2019. С. 7674-7678. (Scopus)
5. Турабджанов С.М., Рахматов Э.А., Ли М.С., Зиямухамедова У.А., Мирадуллаева Г.Б. Разработка состава и исследование антикоррозионных свойств покрытий для крупногабаритного технологического оборудования //Химия и химическая технология. – 2019. - №1 - С.35-38. (05.00.00№6)
6. Turabdzhанov S. M., Lee M. S., Ziyamukhamedova U. A., Miradullaeva G. B. The corrosion at the corrosion stability increase of adhering coating under the process of electrochemical mechanism // Технические науки и инновации. - 2019.-№ 4-С. 257-262. (05.00.00, №16)
7. Ли М.С., Мирадуллаева Г.Б., Зиямухамедова У.А. Разработка и применение антикоррозионных покрытий на основе местных модифицированных Ангренских каолинов и эпоксидного компаунда работающих в сильно агрессивных кислотных средах. //Узбекский химический журнал. - 2019. -№5. – С.28-35. (02.00.00, №6)
8. Турабджанов С.М., Ли М.С., Мирадуллаева Г.Б., Зиямухамедова У.А. Исследования свойств и качества антикоррозионных покрытий на основе термореактивного эпоксидного олигомера и механохимически модифицированных каолиновых наполнителей // Узбекский химический журнал.- 2019.-№5. – С. 35-41. (02.00.00, №6)
9. Зиямухамедова У.А., Собиров Б.А., Мирадуллаева Г.Б., Тожибоев Б.М., Джумабаев А.Б. // Махаллий ашёлар асосидаги композит полимер материалларини пахтани қайта ишлаш технологик жараёни жиҳозларида

комплекс қўллаш имконларини талқикотлаш. ФарПИ илмий техника журнали. - 2019. -Том23. №2. -С 47-51. (05.00.00, №20)

10. Ziyamukhamedova U.A., Miradullaeva G.B. //Mathematical model of the influence of rheological parameters on the operational properties of heterocomposite materials. // Технические науки и инновации. - 2020.-№ 3-С. 192-199. (05.00.00, №16)

## II-бўлим (II-часть; II-part)

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

12. Миладуллаева Г.Б., Бакиров Л.Ю., Зиямухамедова У.А. Технологические принципы разработки композиционных полимерных материалов и покрытий по фактору температуры стеклования. «Машинасозлик хабарномаси» //.-2017. №2. -С.30-34.

13. Зиямухамедова У.А., Л.Ю. Бакиров., Миладуллаева Г.Б., Внедрение системы технологического регулирования в технологических процессах производства: эксплуатация и техсервис сельхозмашин //СТАНДАРТ. – Ташкент, 2018. –№1. – С. 9-10.

14. Миладуллаева Г.Б., Яхёв З., Рахматов Э.А. Оценка эффективности и работоспособности деталей и узлов из машиностроительных полимерных материалов// Международная научно-техническая конференция. Техника и технологии машиностроения. Россия, г.Омск, 21-23 мая. 2018г С.170-173.У.А

15.Зиямухамедова У.А., Миладуллаева Г.Б., Мирзаева Г.М. К вопросу применения полимерных композиционных покрытий для сохранения металлоконструкций нефтяной и газовой промышленности от коррозии и износа// «Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсосбережения» Международная научно-практическая конференция. 3-4 октября Андижон-2018. -С 102-106.

16.Зиямухамедова У.А., Бакиров Л.Й., Миладуллаева Г.Б., Рахматов Э.А., Язёв З.К. Новые материалы и технологии на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов. // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «ИННОВАЦИЯ-2018». Ташкент, 26-27 октябрь 2018 г. С.79-80.

17.Бакиров Л.Ю., Зиямухамедова У.А., Миладуллаева Г.Б. Исследования физико-механических свойств гетерокомпозиционных полимерных материалов и покрытий из них, формированных гелиотехнологическим методом. // «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья» Материалы Международной научной конференции (12-13 июня 2019 года) Туркменистан, Ашхабат-2019. С. 55-57.

18. Бакиров Л.Ю., Зиямухамедова У.А., Миладуллаева Г.Б., Хабибуллаева И.А.. Решение проблемы сохранения качества хлопка-сырца применением энергетических и сырьевых ресурсов в хлопкоперерабатывающих машинах. // «Инновацион техника ва технологияларнинг муаммо ва истикболлари» мавзусидаги

Республика илмий ва илмий-техник анжумани, 5-6 апрел, ТошДТУ-2019. С. 23-24.

19. Турабджанов С.М., Зиямухамедова У.А., Миладуллаева Г.Б., Ли М.С., Э.А.Рахматов. Оценка экономической эффективности от применения гетерокомпозиционных материалов для отраслей экономики Узбекистана. // В Сб. Республиканской конференции – 30 апреля, Ташкент 2019. - С 180-182.

20. Ли М.С., Рахматов Э.А., Миладуллаева Г.Б. Машиностроительные материалы на основе механически модифицированных местных сырьевых ресурсов для применения транспортных и технических средствах. // «Глобал хамкорлик – барқарор тараккиёт шарти ва кафолати» мавзусида халқаро микёсдаги илмий-техник анжумани. ТАЙЛКЭИ, 21-23 ноябр, Тошкент -2019. С. 65-66.

21. Миладуллаева Г.Б., Зиямухамедова У.А.. Исследование повышения коррозионной стойкости защитных покрытий из ГКПМ в условиях процесса электрохимического механизма.// «Инновационные развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблемы» материалы международной конференции-26 мая, Ташкент 2020. -С 86-87.

22. Нафасоф Ж.Х., Миладуллаева Г.Б., Зиямухамедова У.А.. Исследование в области разработки композиционных материалов для внутренней обшивки стен крытого грузового вагона.// «Актуальные проблемы и инновационные технологии в области естественных наук» сборник научных трудов международной конференции- 20-21 ноябр, Ташкент 2020. -С 86-87.

Автореферат « Кимё ва кимё технологияси » журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Ракамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 12/21.

Гувоҳнома № 10-3719  
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.