

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

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

НАВРЎЗОВ ФАРХОД МАМАТҚУЛОВИЧ

**МАШИНАСОЗЛИК МАҚСАДЛАРИДА ЎЗARO ТИКИЛУВЧИ
ПОЛИМЕР ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА ТЕБРАНИШНИ ЮТУВЧИ
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ТАРҚИБИНИ ВА ҚОПЛАМАЛАР
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси
ва технологияси**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар
металлургияси. Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси
(техника фанлари)**

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Наврўзов Фарход Маматкулович

Машинасозлик мақсадларида ўзаро тикилувчи полимер тизимлари асосида тебранишни ютувчи композицион материаллар таркибини ва копламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш5

Наврўзов Фарход Маматкулович

Разработка составов вибропоглощающих композиционных материалов на основе взаимопроникающих полимерных систем и технологии получения покрытий машиностроительного назначения.....21

Navruzov Farhod Mamatulovich

Development of compositions of vibration-absorbing composite materials based on interpenetrating polymer systems and technology for producing coatings for machine-building purposes.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works43

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

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

НАВРЎЗОВ ФАРХОД МАМАТҚУЛОВИЧ

**МАШИНАСОЗЛИК МАҚСАДЛАРИДА ЎЗARO ТИКИЛУВЧИ
ПОЛИМЕР ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА ТЕБРАНИШНИ ЮТУВЧИ
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ТАРҚИБИНИ ВА ҚОПЛАМАЛАР
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси
ва технологияси**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар
металлургияси. Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси
(техника фанлари)**

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

Тошкент – 2021

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Дунёда машина ва механизмларни эксплуатация қилишда шовқин ва вибрация даражасини камайтириш учун полимер материалларни қўллаш ва машиналарнинг ишчи органлари конструкцияларини такомиллаштириш орқали амалга оширилмоқда. Бу борада машиналарнинг янги ишчи органларини яратиш ва такомиллаштиришга нисбатан иқтисодий жиҳатдан фойдали бўлган композицион полимер материаллар билан машина ва механизмларнинг ишчи органлари деталларини қоплаш орқали шовқин ва вибрацияни бартараф этиш алоҳида аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда машина ва механизмларнинг ишчи органларида вибродемпфирловчи композицион полимер материалларни қўллаш орқали шовқин ва вибрация даражасини камайтириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, мураккаб конфигурацияли машиналарнинг ишчи органлари вибрацияланувчи сирт юзасида қопламаларни олиш, вибродемпфирловчи ва тебранишни ютувчи сифатида кенг қўллаш, машиналар ишчи органлари ва мураккаб деталлари сирт юзасида қопламалар олишга имкон берувчи, юқори вибродемпфирловчи қобилятини таъминловчи ва полимер аралашмаларининг ноёб типига эга бўлган, полимер аралашмалари асосида бир-бирига тикилувчи полимер тўр (ТПТ) ҳосил қиладиган янги композицион материалларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда тебранишни ютувчи материаллар ишлаб чиқишга имкон берувчи тикилувчи полимер тўрлар (ТПТ) асосида қайишқоқ-эгилувчан ва физик-механик хоссалари бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясининг тўртинчи боби тўртинчи йўналишида «...илмий ва инновацион ишланмаларни қўллаш, илмий-тадқиқот ва инновацион фаолиятни рағбатлантиришнинг самарали механизмлари...»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, машинасозлик мақсадларида самарали вибродемпфирловчи композицион полимер материалларни ишлаб чиқиш ва ТПТларнинг қайишқоқ-эгилувчан хоссаларини оширишга имкон берувчи тадқиқотларни ўтказиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПФ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фармонга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

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

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 VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Янги композицион полимер материаллар (КПМ) ишлаб чиқишда қуйидаги таниқли олимлар ўзларининг хиссаларини қўшганлар: А. Hayashi, S. Hulemand, R. Morgen, A. D'Amore, D. Jully, G. Akovali, Н.С. Ениколопов, С.Н. Журков, В.В. Коршак, С.А. Вольфсон, А.А. Берлин, М.С. Акутин, Ю.С. Липатов, Э.Ф. Олейник, Ф. Мэттьюз, Г.С. Головкин, М.А. Аскарлов, С.Ш. Рашидова, А.Х.Юсупбеков, А.С. Ибодуллаева, улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш борасида В. Arkes, R. Goudhue, А.А. Askadski, В.А. Белый, А.Д. Яковлев, В.Г. Савкин, А.В. Струк, В.П. Соломко, Р.Г. Махкамлов, С.С. Негматов, А.А. Рыскулов, Г. Гулямов, Н.С. Абед ва бошқаларнинг ишлари бағишланган.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида, юқори тебранишни сусайтирувчи хусусиятларга эга бўлган машина ва механизмларнинг ишқаланиш агрегатларида ишлатиладиган металл-полимер материаллар ва қопламаларнинг ишлаши ва самарадорлигини ошириш масалалари ҳалигача ўз ечимидан узоқдир. Бу машина қисмларининг тебраниш шароитида ишлайдиган композицион полимер материаллар ва уларнинг қопламаларининг физик -механик, вибродемпфирловчи хусусиятларини ҳар томонлама ўрганиш билан боғлиқ қийинчиликлар ва уларни ишлаб чиқариш учун оригинал технологиянинг йўқлиги билан боғлиқ. Мазкур диссертация ишида ушбу муаммони ечимига доир масалалар кенг ёритиб берилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №Ф-7-9 (Ф-7-95) «Самарали полимер лок-бўёқ, композицион материаллар ва улар асосида қопламалар олиш учун турли хил таркибий қисмларга боғлиқ ҳолда, полимер материалларнинг адгезион хусусиятларини бузилиши ва шаклланиш механизмини тадқиқ қилиш ва қонуниятларини аниқлаш» (2017-2020) ва №MRB-OT-2019-25 «Зиғир ва пахтани қайта ишлаш, металлургия ва бошқа корхоналардаги экологик вазиятни яхшиловчи ва шовқинни пасайтиришни таъминловчи турли хил машиналар, механизмлар ва технологик ускуналар учун эҳтиёт қисмлар ишлаб чиқариш учун органик-минерал ингредиентлар ва саноат чиқиндилари асосида тебранишни ютувчи янги полимер композицион материаллар ва қопламалар ишлаб чиқиш» (2019-2021) мавзуларидаги фундаментал ва халқаро лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Машинасозлик мақсадларида ўзаро тикилувчи полимер тизимлари асосида тебранишни ютувчи композицион материаллар

таркибини ва қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ЭД-16, ЭД-20, ЭИС-1 ва полиуретан УК-1 эпоксид полимерлардан Тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) хоссаларига шакллантириш шароитлари таъсири ўрганиш;

Тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) қайишқоқ-эгилувчан хусусиятларига органоминарал компонентлар нисбатини таъсири аниқлаш;

Тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) қайишқоқ-эгилувчан хоссаларининг ҳароратга боғлиқлигини тадқиқ қилиш ва уларнинг хоссаларига тўлдирувчиларнинг таъсирини аниқлаш;

Тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) асосида қайишқоқ-эгилувчан вибродемпфирловчи материаллар яратиш тамойилларини ишлаб чиқиш, улардан машинасозлик мақсадларида ишлатиладиган янги вибродемпфирловчи полимер композициялар ва улар асосида қопламалар яратиш;

илмий-услубий тамойиллар ва композицион вибродемпфирловчи полимер материаллар ва улар асосида қопламалар олиш технологияси ишлаб чиқиш;

пахтани қайта ишлаш машиналари ва механизмлари иш органларида яратилган вибродемпфирловчи композицион полимер материаллар ва улар асосидаги қопламаларни тажриба саноат синовидан ўтказиш ва уларнинг самарадорлигини ҳисоблаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида вибродемпфирловчи, термопластик ва терморреактив полимерлар, қотирувчи: полиэтиленполиамин – ПЭПА ва малеин ангидриди (2,5-фурандион), органоминарал тўлдирувчилар – графит, тальк, каолин, резина кукуни олинган.

Тадқиқотнинг предметини тикилувчи полимер тўрнинг шаклланиши ва унинг ишлаб чиқиладиган вибродемпфирловчи композицион полимер материаллар ва улар асосида қопламаларнинг тузилишига, қайишқоқ-эгилувчан, физик-механик ва демпфирловчи хоссаларига таъсирини тадқиқ қилиш, шунингдек, уларнинг самарали таркибларини ишлаб чиқиш ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда ИҚ - спектроскопия, рентген фазали таҳлил, дифференциал-термик таҳлил ҳамда олигомерларнинг, пластификаторларнинг, қотирувчиларнинг, полимерларнинг ва композицияларнинг физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини аниқлашда умумий стандарт усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилigi қуйидагилардан иборат:

термопластик полиуретан ва эпоксидиан полимерлар асосидаги тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) қайишқоқ-эгилувчан ва механик хоссаларини комплекс асосида ушбу системанинг қайишқоқ-эгилувчан хосси полимер композициясини олиш ҳолатига боғлиқ эканлиги аниқланган;

гетерофазали полимер тизимларини қайишқоқ-эгилувчан хоссага эга

бўлган тикилувчи полимер тўр (ТПТ) ҳосил қилишнинг моҳияти, полимерларнинг қайишқоқ-эгилувчан хоссасини аниқлашда резонанс ва энергетик усуллардан комбинирланган ҳолда фойдаланишдан иборат бўлган усул назарий асосланган;

тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) қайишқоқ-эгилувчан хоссаси компонентларни ажратиш даражасига ва тизимнинг шаклланиш кинетикасига боғлиқлиги аниқланган ҳамда тажрибада яхши ишлаши ва соддалиги билан фарқланувчи, максимум резонанс параметрлари бўйича тикилувчи полимер тўрдаги (ТПТ) компонентларни ажратиш даражасини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

харорат ва компонентларнинг турли хил нисбатларида тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) эгилувчан динамик модули ва механик йўқотиш коэффиценти орасида ҳамда механик йўқотиш коэффиценти билан тизимдаги компонентларни ажратиш даражаси орасида корреляцион боғлиқлик борлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Тикилувчи полимер тўр (ТПТ) асосида вибродемпфирловчи полимер композициялар ва улардан қопламаларнинг самарали таркибларини яратишнинг илмий-асосланган тамойили ишлаб чиқилган;

Тикилувчи полимер тўр (ТПТ) ва уни ташкил этувчилар ҳамда тўлдирилган тизимлар учун тегишли бўлган қопламанинг механик йўқотиши самарали коэффицентини нисбий қалинликка боғлиқлигининг эмпирик тенгламаси олинган;

механик йўқотиш коэффиценти ва модули орасидаги ҳамда механик йўқотиш коэффиценти ва ажратиш даражаси орасидаги корреляцион боғлиқлик икки фазали тизимларнинг эгилувчан хоссаларини олдиндан айтиш имконини беради ва тикилувчи полимер тўрнинг (ТПТ) эгилувчан модулининг компонентлар нисбатига боғлиқлиги тенгламаси олинган;

илмий-асосланган ёндашув асосида танлаб олинган термореактив, термопластик полимерлар ва органоминерал тўлдирувчилар билан тикилувчи полимер тўр (ТПТ) асосида вибродемпфирловчи композицион материаллар ва қопламаларнинг самарали таркиблари ва олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишлатилган физик-кимёвий (ИҚ-спектроскопия, рентгенструктурали, кимёвий таҳлил ва дифференциал-термик таҳлиллар) усуллар мажмуи билан асосланади, шунингдек, физик-механик ва вибродемпфирловчи тадқиқот усулларида олинган натижалар ҳамда тадқиқот натижалари математик ва статистик усулда қайта ишлангани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, композицион полимер материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг физик-механик ва вибродемпфирловчи хоссаларига органоминерал тўлдирувчиларнинг анизотропия даражаси, дисперслиги, концентрацияси, махсус тузилишининг

таъсирини ҳамда полимер материалларига маълум бир органоминарал ингредиентларни қўшганимизда, уларнинг демпфирловчи хоссалари 1,6-1,8 марта ва шовқинни ютиши эса 40-50% га ортишини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган вибродемфирловчи, овоз ўтказмайдиган композицион полимер материаллар ва улар асосида қотишмаларни пахтани қайта ишлаш машина ва механизмларининг ишчи органлари ва корпусли конструкцияларида, шунингдек саноатнинг бошқа соҳаларида қўллаш, уларнинг ишлаш қобилиятини ва чидамлилигини оширади, ишлаб чиқариш хоналарида шовқин даражасини пасайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Машинасозлик мақсадларида ўзаро тикилувчи полимер тизимлари асосида тебранишни ютувчи композицион материаллар таркибини ва қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ўзаро тикилган полимер тизимлари асосида ишлаб чиқилган тебранишни ютувчи композицион полимер материаллар Пискент пахта тозалаш заводида юпқа металл конструкцияли ишчи органлари пахта толасини тишли тозалагичларида қоплама сифатида жорий этилган («PAHTASANOAT ILMIY MARKAZI» АЖнинг 2021 йил 24 августдаги 02-11/403-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқариш хоналарида шовқин даражасини 7-24 дБ га пасайтириш, тишли воситаларнинг ишлаш муддатини ошириш, тишли воситалардаги тишларни синган ва қийшайганларини алмаштириш туфайли хоналардаги чанг микдорини 50%га камайтириш имконини берган;

ўзаро тикилган полимер тизимлари асосида ишлаб чиқилган тебранишни ютувчи композицион полимер материаллар Пискент пахта тозалаш заводида жин ва линтер корпуслари юзасида қоплама сифатида жорий этилган («PAHTASANOAT ILMIY MARKAZI» АЖнинг 2021 йил 24 августдаги 02-11/403-сон маълумотномаси). Натижада, уруғларнинг эзилишини 0,18-0,36% га камайтириш имконини берган;

ўзаро тикилган полимер тизимлари асосида ишлаб чиқилган тебранишни ютувчи композицион полимер материаллар Пискент пахта тозалаш заводида пневматик вентиляторларида қоплама сифатида жорий этилган («PAHTASANOAT ILMIY MARKAZI» АЖнинг 2021 йил 24 августдаги 02-11/403-сон маълумотномаси). Натижада, пахта толасининг шикастланишини 0,5-0,7% га камайтириш, ҳар бир пахта тозалаш заводининг иқтисодий самарадорлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 2 та халқаро ва 2 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий

илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та илмий мақола, жумладан 7 та республика ва 1 та ҳорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланиш бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг **«Вибродемпфирловчи композицион полимер материаллар ва ўзаро тикилувчи полимер тизимларнинг ҳозирги ҳолати ва уларни таҳлили»** деб номланган биринчи бобида сўнгги йилларда ишлаб чиқилган кўпгина турли хил вибродемпфирловчи ва бир-бирига тикилган полимер композицияларни қўллаш ва уларни ҳолатини замонавий адибиёт манбааларининг комплекс таҳлили асосида келтирилган ва вибродемпфирловчи композицион полимер материаллар (КПМ) ва улар асосидаги таъсир кучи ва адгезион мустаҳкамлиги, физик-механик хоссалари юқори бўлган қопламаларнинг самарали таркибини яратиш ва олиш технологиясига қўйиладиган талаблар шакллантирилган.

Адабиётлар таҳлилидан ТПТ қайишқоқ-эгилувчан композицион полимер материаллар ва улардан қопламалар ишлаб чиқишда тебранма шароитда эксплуатация қилинганда композиция таркибига киритилган органоминарал тўлдирувчиларнинг миқдори ва нисбати, тури ва табиатининг таъсири етарли ўрганилмаган, шунингдек уларнинг самарали таркиблари ва олиш технологиясига илмий-асосланган ёндашувнинг мавжуд эмаслиги ушбу диссертация ишининг мақсадини белгилаб берди.

Диссертациянинг **«Ўзаро тикилувчи полимер тизимлар ва тебранишни ютувчи композицион полимер материалларни тадқиқ қилиш усуллари ва объектларни танлаш ва асослаш»** деб номланган иккинчи бобида композицион полимер материаллар ва улар асосидаги қопламалар олиш усуллари, шунингдек ТПТ билан композицион полимер материаллар ва қопламаларнинг қайишқоқ-эгилувчан вибродемпфирловчи, физик-механик хоссаларини ўрганиш учун қурилма ва усуллар ёритилган, объектлар танланган ва асосланган. Композицион полимер материалларининг вибродемпфирловчи физик-механик кўрсаткичларини тадқиқот қилишда олинган натижаларнинг статистик қайта ишлаш усуллари

кўрсатилган.

Диссертациянинг «Полиуретан ва эпоксидиан полимерлар асосида ўзаро тикилган тизимларнинг термодинамик мослиги ва структуравий хусусиятларини тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида ТПТ компонентларининг термодинамик мослиги, ИҚ-спектрлари, ТПТ ва гомополимерларнинг рентген дифрактограммалари, ТПТ композицияларининг қайишқоқ-эгилювчан хоссалари, релаксацион ва резонанс максимумлари, ТПТ компонентларининг сегрегацияси ва ТПТ композицион тўлдирувчиларининг вибродемпфирловчи-қовушқоқ-оқувчан хоссаларини ўрганиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

ТПТ компонентларининг термодинамик мослигини Флори-Скотт назарияси асосида аниқланилди ва ЭД-16/ПУ/МА, ЭД-20/ПУ/МА ва ЭИС-1/ПУ/МА тизимларида полиуретан миқдори оралиқларида Гиббснинг эркин энергиясининг силжиши 77% гача манфий қийматга эга.

ТПТни ташкил этувчи эпоксидларнинг қотирилиши икки босқичда олиб борилди. Биринчи босқичда ТПТли тизим малеин ангидриди ҳалқасини очилиши учун етарли бўлган 380 К ҳароратда 2 соат мобайнида туради. Иккинчи босқичда эса тизим 430 К да 10 соат мобайнида қотирилади. 430 К да олинган ТПТнинг қайишқоқ-эгилювчан хоссасини эпоксид компонентини қотириш давомийлигига боғлиқ ҳолда ўрганиш шуни кўрсатдики, эпоксид гомополимеридан фарқли равишда механик йўқотиш коэффиценти ортади ва (4-6 соат қотирилганидан сўнг) максимум орқали ўтади, эгилювчанлик модули эса бир хилда ортади. Эпоксид полимерлар тўрининг қалинлиги 72-78% гача ортиши билан тизимлардаги механик йўқотиш коэффиценти қийматининг ортиши макромолекулаларнинг ўзаро тўқилиши туфайли ўхшаш бўлмаган полимерлар макромолекулаларининг ўзаро таъсири борлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, ТПТни шакллантиришнинг оптимал режими: 380 К да 2 соат; 430 К да эса 4-6 соат эканлиги аниқланди.

Полимер аралашмаларининг қайишқоқ-эгилювчан хусусиятларининг эпоксид компонентининг қуриши давомийлигига боғлиқлиги эгри чизиқларининг тахлили шуни кўрсатдики, тизимларнинг қайишқоқ-эгилювчан параметрларининг ўзгариш характери барча ҳолатларда ҳам ўзгармайди, механик йўқотиш коэффиценти энг максимал қиймати эса полиуретан ва ЭД-16 олигомери асосидаги эпоксид полимерининг ТПТ учун кузатилади.

ТПТнинг ИҚ-спектрида полиуретан ва эпоксид полимери макромолекулалари орасида кимёвий боғнинг мавжудлиги аниқланмади. Улар орасида фақат молекулалар аро кучлар мавжуд экан. ТПТ компонентларининг турли хил миқдорлардаги олинган электронмикроскопик тасвирлари тизимнинг гетерофазали эканлигини кўрсатди. Полиуретаннинг тузилишида гомополимерда кристалл соҳаларнинг мавжудлиги ҳақида маълумот берувчи сферолит супрамолекуляр шаклланишлар мавжудлиги аниқланди. Полиуретаннинг рентген диаграммаси ушбу тахминни

тасдиқлади: термопластнинг кристаллиги тахминан 20%ни ташкил қилади. ТПТ да компонентлар нисбати ЭД:ПУ 50:50 гача бўлганда полиуретан тузилишида мавжуд бўлган кристалл соҳалар, рентген дифрактограммаларида аниқланмади, шунинг учун уларнинг тузилиши аморф соҳалардан ташкил топган. Полиуретан ТПТ да дисперс муҳит бўлган нисбатидан бошлаб, баъзи кристалл соҳалар ва кристаллик даражаси ҳосил бўлади, масалан, ЭД:ПУ 30:70 таркибида 14/5 гача етади.

Шундай қилиб, Флори-Скотт назариясига асосланиб, эпоксидиан олигомерлари суюқланмада полиуретан билан термодинамик жиҳатидан 77% гача мослиги аниқланди. Маълум бўлишича, ТПТ гетерофазали тузилишга эга ва бунда полиуретан тузилиши сезиларли ўзгаришларга учрайди.

Диссертациянинг «**Полиуретан эластомерлари ва эпоксидиан полимерлар асосидаги ўзаро бирикувчи тизимларнинг – ЎБТ релаксацион ва резонанс максимумлари, қовушқоқ-эгилювчан хоссаларини тадқиқ қилиш**» деб номланган тўртинчи бобида органоминарал ингредиентлар билан тўлдирилган полиуретан эластомерлари ва эпоксидиан полимерлари асосидаги ўзаро бирикувчи тизимларнинг – ЎБТ релаксацион ва резонанс жараёнлари, қовушқоқ-эгилювчан хоссаларини тадқиқ қилиш натижалари, ЎБТ эгилювчан динамик модулининг математик тавсифлари, йўқотиш ва ютилиш коэффицентлари орасидаги боғлиқлик келтирилган, шунингдек, механик йўқотиш коэффицентининг компонентларни ажратиш даражасига боғлиқлиги тенгламаси кўриб чиқилади.

T_c (370 К) да малеин ангидриди билан қотирилган ЭД-16 эпоксид олигомери асосидаги эпоксид полимер механик йўқотиш коэффицентининг қиймати 0,50 ни ташкил этди, полиуретанники эса (260 К) да 1,08 ва нормал ҳароратда 0,68 ни ташкил этди. 290 К да полиуретаннинг қаттиқ блокларидagi сегментларнинг ҳаракати туфайли механик йўқотишнинг иккинчи максимуми аниқланди.

Эпоксид полимери ва полиуретан асосидаги полимер аралашманинг қовушқоқ-эгилювчан хоссаларини ўрганишда ЎБТ учун гомополимерларнинг диссипатив хусусиятларини ўрганишнинг мавжуд резонансли усуллари тўғри келмаслиги аниқланди. Шу сабабли ЎБТ га эга бўлган полимер аралашмаларининг қовушқоқ-эгилювчан хоссаларини аниқлаш учун янги комбинацияланган резонанс-энергетик усули таклиф қилинди. Ушбу усулнинг асосида полимерларнинг диссипатив хусусиятларини ўрганишда резонанс ва энергетик усуллари биргаликда қўллаш таклиф этилади. ЎБТнинг эгилювчанлик модули дисперс муҳит ҳисобланган компонентнинг резонанс частотаси бўйича аниқланди. Механик йўқотиш коэффиценти эса энергетик метод билан қуйидаги формула бўйича аниқланди:

$$\eta = \frac{\Delta W}{W} \quad (1)$$

Механик йўқотиш коэффиценти қуйидаги ифода билан аниқланиши маълум:

$$\eta = \frac{E''}{E'} \quad (2)$$

(2) формуланинг ўнг томонини $0,5 \varepsilon^2 V$ га кўпайтириб, қуйидагини оламиз:

$$\eta = \frac{0,5 E'' \varepsilon^2 V}{0,5 E' \varepsilon^2 V} \quad (3)$$

Ушбу ифодани

$$E'' = \sqrt{[E^*] - (E')^2}$$

(3) ифодага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\eta = \sqrt{\frac{|0,5 E^* \varepsilon^2 v|^2}{(0,5 E' \varepsilon^2 v)^2} - 1} \quad (4)$$

ёки

$$\eta = \sqrt{\frac{|w^*|^2}{(w')^2} - 1} = \frac{\Delta W}{w'}$$

бу ерда

$$[w^*] = \sqrt{(w')^2 + (\Delta w)^2}.$$

Шундай қилиб, тизимнинг механик йўқотиш коэффициенти потенциал энергиянинг (ΔW) материалга ютилган қисмининг материалдаги ҳақиқий йиғилган энергияга (W^1) нисбати билан аниқланади.

Энди (4) формулани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\eta = \sqrt{\frac{|0,5 E^* \varepsilon_0^2 v_0|^2}{(0,5 E' \varepsilon^2 v)^2} - 1}$$

бу ерда: E^* ва E – эгилувчанликнинг комплекс модули ва унинг ҳақиқий қисми, МПа;

ε_0 ва ε – полимер ва металл намуналарининг нисбий деформацияланиш катталиклари;

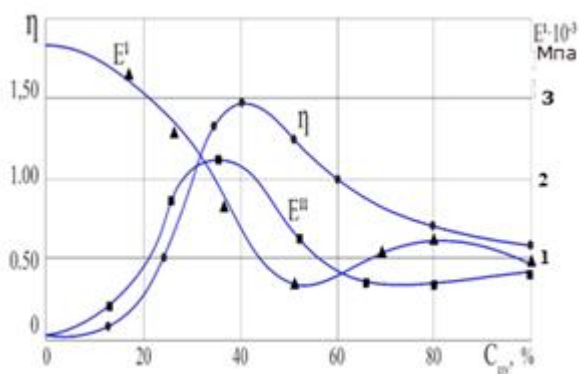
V_0 ва V – полимер ва металл намуналарининг ҳажми, см³.

Сўнгра ЎБТнинг қовушқоқ-эгилувчан хоссаларини компонентлар нисбати ва ҳароратга боғлиқлиги бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Эпоксид тўрда полиуретаннинг мавжудлиги тизимнинг қовушқоқ-эгилувчан хоссаларини сезиларли даражада ўзгартиради. Полиуретан миқдори 40% гача бўлганда (1-расм) тизимнинг қовушқоқ-эгилувчанлиги максимум билан ўсиши ва 1,50 га етиши, ЭД-16 да 0,22 га полиуретанда 0,686 га етиши кузатилди.

Бу эса ўз навбатида ўзаро тикилиши туфайли таъсирлашувда иштирок этаётган макромолекулалар миқдорининг ортиши билан боғлиқ.

Шунингдек тизим модулининг компонентларнинг тенг нисбатида минимум билан экстремал ўзгариши кузатилади. Бунда тизимнинг модул

катталиги тизимда тикилган полимернинг улуши 50% бўлишига қарамай, чизикли полимерниқидан ҳам паст бўлади.



1-Расм. ЎБТ қовушқоқ-эгилувчан хоссаларининг тизимдаги полиуретан миқдорига боғлиқлиги

Йўқотиш модули (E'') η каби ЭД:ПУ 65:35 нисбатларда максимум билан экстремал ўзгаради. E' эгилувчанлик модули (1-расм) хатти-ҳаракатидаги кузатилаётган синергик таъсири полиуретан макромолекуласи иштирокидаги тизимни ташкил этувчи эпоксид тўрнинг қалинлигини ва стерик таъсир туфайли макромолекула қатлами зичлигининг камайиши билан асосланади. Тикилган полимерни тасдиқлаш даражасининг ўзгаришини ва макромолекулаларнинг ўзаро тикилишини ҳисобга олган ҳолда унинг таркиби ўзгартирилганда ярим-ЎБТнинг эгилувчанлик модулининг хатти-ҳаракатини тахмин қилиш имконини берадиган тенглама ҳосил қилинди:

$$(E^1)^{1/5} = [\Phi_A (E_A)^{1/5} + \Phi_B (E_B)^{1/5} \gamma] v^{1/5}$$

бу ерда: Φ_A ва Φ_B – полимерларнинг ҳажмий улуши;

E_A ва E_B – чизикли ва тўрсимон полимерларнинг эгилувчанлигининг динамик модули, МПа;

γ – тўрсимон полимернинг қотиш даражаси;

$v = (2 - \alpha)$ – полимер макромолекуласининг ўзаро тикилишини ҳисобга олган параметр;

α - компонентларнинг сегрегацияланиш (ажратиш) даражаси.

ЎБТ η га компонентларнинг турли хил миқдорларида ҳароратга боғлиқ ҳолдаги (1-расм) тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, гомополимерлар ва аралашмалар шишаланиш ҳарорати яқинлашиб, бунда ЭД:ПУ 75:25 η нинг максимум қийматлари бир қанчага камаяди, лекин фазалар аро қатламларда η нинг сезиларли ортиши кузатилди. Тизимда полиуретан миқдорининг кейинчалик яна ортиши аралашмадаги компонентларнинг η ни ортишига олиб келади ва шишаланиш ҳарорати соҳаси кенгайди. ЎБТда гомополимерлар $T_{ш}$ бир-бирига яқинлашиши ва силжиши ҳар хил полимерлар макромолекулаларининг ўзаро бир-бири билан бирикиб, тикилиши ҳақида маълумот беради. Эпоксид тўр полиуретан учун

тўлдирувчи сифатида хизмат қилади, шунинг учун занжирларнинг эгилувчанлиги камайиши туфайли $T_{ш}$ нисбатан юқори ҳарорат томонига силжийди. Ўз навбатида полиуретан макромолекулалари эпоксидни ташкил этувчиларга пластификацияловчи таъсир кўрсатади ва тикилган полимернинг $T_{ш}$ нисбатан паст ҳарорат томонига силжийди. Полиуретан компонентининг ЭД:ЛУ 70:30 дан 60:40 гача нисбатларида $T_{ш}$ нинг нисбатан паст ҳарорат томонига силжиши тизимнинг термодинамик беқарорлиги билан асосланади ва макромолекула қатлам зичлигининг камайишида намоён бўлади.

ЎБТ да η нинг E' га компонентларнинг турли хил миқдорларида ва ҳароратларидаги математик боғлиқлиги олинган. Бунда η катталиги E^* билан чизиқли боғланган ва қуйидаги тенглама кўринишида ёзилади:

$$\eta = \frac{6,5(3200 - E') + 91(T - 273)^{1,26}}{10000} \quad (9)$$

Бу тенглама қуйидаги интервалдаги боғлиқликни қониқарли ифодалайди:

$$E' = 1500 - 3000 \text{ МПа ва } T = 273 - 313 \text{ К}$$

Ярим-ЎБТда компонентларнинг турли хил нисбатларида релаксацион параметрлар максимуми бўйича компонентларнинг сегрегацияланиш даражасини аниқлаш шуни кўрсатдики (2-расм), тизимда полиуретан улушининг ортиши билан компонентларни ажратиш даражаси пасаяди ва ташкил этувчиларнинг тенг нисбатларида минимумга етади. Бу шуни кўрсатадики, ярим-ЎБТда компонентларнинг мосланувчанлиги яхшиланади, η ошади, ўзаро таъсирлашувда иштирок этувчи гомополимер макромолекулалари сони ортади.

Шундай қилиб, ярим-ЎБТда компонентларни ажратиш даражаси унинг қовушқоқ-эгилувчан хоссаларига сезиларли таъсир кўрсатади, деган хулосага келиш мумкин.

Релаксацион максимумларни олиш жараёни баъзи-бир экспериментал қийинчиликлар билан боғлиқ. Шу сабабли, ушбу ишда резонанс максимум параметрлари бўйича α ни аниқлаш усули таклиф қилинган. α катталиги релаксацион параметрлар максимуми бўйича α ни аниқлаш формуласи билан ҳисобланади, фақат унга кирган кўрсаткичларнинг номлари ўзгартирилади:

$$\alpha = \frac{h_1 + h_2 - \lambda\omega}{h_1^0 + h_2^0} \quad (10) \quad \lambda\omega = \frac{l_1 h_1 + h_2}{L}$$

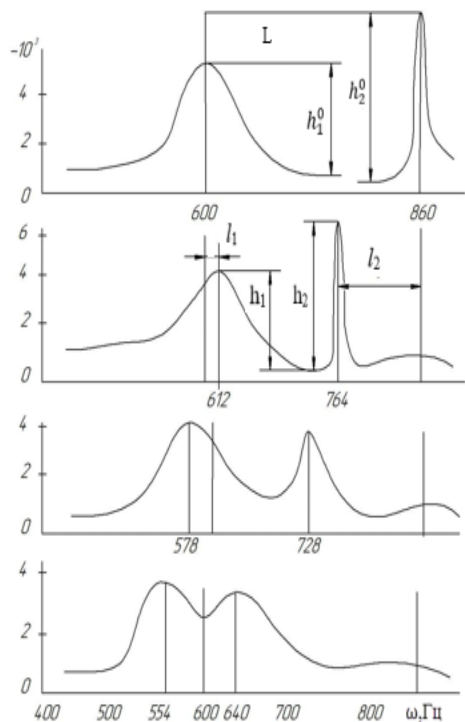
бу ерда: h_1^0, h_2^0 К – мос равишда гомополимерларнинг резонанс максимум катталиклари, мм;

h_1, h_2 – аралашмани ташкил этувчи компонентлардаги резонанс максимум катталиклари, мм;

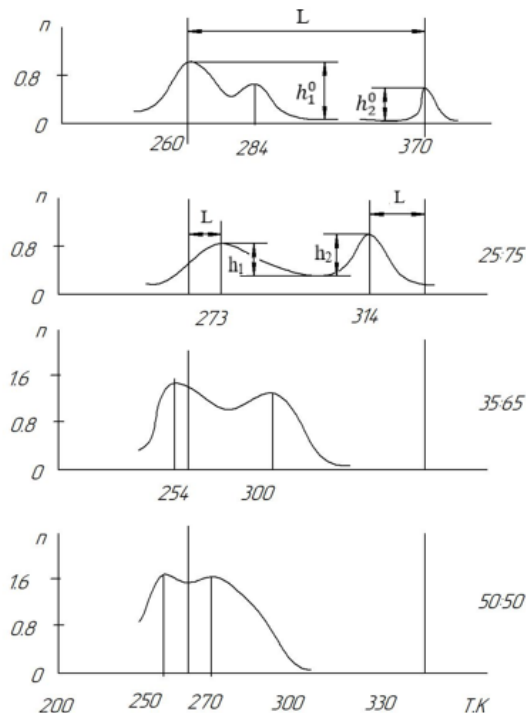
$\lambda\omega$ – частотали шкала бўйича резонанс максимумлари ҳолатини силжишини кўрсатувчи параметр, мм;

l_1, l_2 - гомополимерларнинг резонанс частоталари орасидаги интервал, мм (3-расм).

Резонанс ҳамда релаксацион максимум (таққослаш учун) параметрлари бўйича ҳисобланган компонентларнинг ажратиш даражаси 1 - жадвалда келтирилган.



2-Расм. Ярим-ЎБПТ да механик йўқотиш коэффициентининг ҳароратга боғлиқлиги



3-Расм. Ярим-ЎБПТ нисбий деформациясининг частотага боғлиқлиги

1-жадвал

Ярим-ЎБПТ да компонентларнинг ажратиш даражаси

Ярим-ЎБПТ нинг таркиби, %		Резонанс параметрлар максимуми бўйича ҳисобланган α	Релаксацион параметрлар максимуми бўйича ҳисобланган α
ЭД	ПУ		
85	15	0,695	0,880
75	25	0,651	0,690
65	35	0,366	0,358
60	40	0,234	0,200
50	50	0,161	0,136

1-жадвалдан кўришиб турибдики, ярим-ЎБПТ да ажратиш даражасининг кийматлари иккита ҳар хил максимум параметрлари бўйича аниқланганлари яхши мослашади.

Тўлдирувчи билан тўлдирилган ЎБТларнинг қайишқоқ-эгилювчан хоссаларини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган.

Тўлдирилган ЎБТларнинг ҳароратга боғлиқлигини ўрганиш шуни кўрсатдики, тўлдирувчиларнинг миқдори ортган сари, кам концентрацияларидан ташқари, тизимдаги компонентларнинг ажратиш даражаси ортиши кузатилди (2-жадвал). Бунда эпоксидни ташкил

этувчиларини $T_{ш}$ нисбатан юкори ҳарорат томонига силжийди, полиуретан компонентларининг $T_{ш}$ ҳолати амалда ўзгармайди. Бу ҳолат тўлдирувчилар тизим компонентларидан бири – эпоксид полимер билан танлаб таъсир этиши ҳақида маълумот беради.

2-жадвал

ЎБТ даги компонентларни ажратиш даражаси ўзгаришининг тўлдирувчи миқдорига боғлиқлиги

Тўлдирувчилар	Тўлдирувчилар миқдори, х. қ.					
	0	5	10	20	30	40
Каолин	0,386	0,334	0,487	0,600	0,630	0,660
Тальк	0,386	0,354	0,469	0,558	0,610	0,668
Графит	0,386	0,365	0,544	0,665	0,705	0,738

Изоҳ: Дастлабки таркиб ЭД:ПУ 65:35

Шундай қилиб, ЎБТ га киритилган тўлдирувчилар тизим таркибига кирувчи компонентлардан бири билан танлаб таъсирлашади ва компонентларнинг мослашувчанлигини камайтиришга олиб келади.

Диссертациянинг «Пахтани қайта ишлаш машина ва механизмлари ишчи органлари учун поли-ЎБТ асосидаги вибродемпфирловчи композицион полимер материалларининг самарали таркибларини ва улардан қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уларнинг самарадорлиги» деб номланган бешинчи бобда ЎБТлар асосида вибродемпфирловчи композицион полимер материалларнинг самарали таркиблари ва олиш технологияси, уларнинг физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш, уларни олиш технологик регламенти, тажриба-саноат синови ва яратилган композицион полимер материалларни пахтани қайта ишлаш машина ва механизмлари ишчи органларида қўллаш ҳамда уларнинг техник-иктисодий самарадорлигини ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Қовушқоқ-эгилувчан хоссалари билан бир қаторда вибродемпфирловчи хоссага эга бўлган ЎБТларнинг самарали таркибларини ишлаб чиқиш учун тўлдирувчилар билан тўлдирилган ва тўлдирилмаган ЎБТнинг механик хоссалари тўлдирувчиларнинг миқдори ва компонентларнинг нисбатига боғлиқ ҳолда ўрганилди. Тизимдаги полиуретан улушининг ортиши билан қопламанинг микроқаттиқлиги ва адгезион мустаҳкамлиги камаяди ва компонентларнинг тенг нисбатларида минимум орқали ўтади. Бунда тизимнинг зарбага чидамлилиги ортади ва ЭД:ПУ 65:35 да максимумга етади.

Кейинчалик тизимнинг зарбага чидамлилиги компонентлар нисбати 50:50 га тенг бўлгунча камайиши кузатилади. Полиуретан дисперс муҳит бўлганда, тизимнинг зарбага чидамлилиги сезилмас даражада ортади. Тизимнинг зарбага чидамлилик катталиги ЭД:ПУ 65:35 нисбатларгача ортиши эпоксид полимерда термопластнинг пластификацияловчи ҳаракати ҳисобига ички кучланишнинг камайиши туфайли содир бўлади, унинг пасайиши эса стерик таъсир туфайли макромолекула тахлами зичлигининг

камайиши туфайли содир бўлади. Адгезион мустаҳкамлигининг камайиши, шунингдек, тизимнинг микроқаттиқлиги тахлам зичлигининг пасайиши туфайли компонент макромолекулаларининг қатлам билан адсорбцион таъсирлашувининг ёмонлашиши туфайли содир бўлади.

ЎБТга тўлдирувчиларнинг киритилиши қопламаларнинг адгезион мустаҳкамлигини камайтиради, микроқаттиқлиги эса сезиларли даражада ортади. Бу эса ўз навбатида тўлдирувчи заррачалари билан уларнинг ўзаро таъсирлашуви туфайли эпоксид олигомери макромолекулаларининг қатлам билан адсорбцион таъсирлашувининг ёмонлашиши билан боғлиқ.

ЎБТнинг қовушқоқ-эгилювчан хоссалари ва улар асосидаги қопламаларнинг механик хоссаларини тадқиқ қилиш бўйича ўтказилган тажрибалар натижасида полимер аралашмалар асосида самарали тебранишни ютувчи материаллар ва улардан қопламаларни яратиш бўйича тамойиллар таклиф этилган. Эксплуатация қилиш шароитига ва таклиф этилган тамойилларга боғлиқ ҳолда тадқиқ қилинган ярим ЎБТ асосида янги, юқорисамарадор тебранишни ютувчи композициялар ишлаб чиқилди, уларнинг хоссалари 3 – жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Ишлаб чиқилган тебранишни ютувчи композицияларнинг хоссалари

Хосса	Композиция	ВЭПУ-1	ВЭПУ-2	ВЭПУ- ІК	ВЭПУ- ІТ	Антивибрит-2*
Механик йўқотиш коэффициенти η		1,35	1,50	1,06	1,03	0,44
Эгилювчанликнинг динамик модули $E \cdot 10^{-3}$, МПа		1,77	1,56	2,02	1,87	3,00
Йўқотиш модули $E \cdot 10^{-3}$, Мпа		2,40	2,25	2,12	1,92	1,32
Механик йўқотишнинг самарадор коэффициенти $\eta_s, \beta = 2,0$ бўлганда		0,21	0,20	0,18	0,16	0,10
Адгезион мустаҳкамлиги σ_A , МПа		19,60	16,00	15,20	12,60	21,00
Зарбага чидамлилиги, $\sigma_{уд}$, Н*м		4,56	4,17	5,00	4,48	2,00
Эксплуатация қилиш ҳарорат диапазони, К		240	310	240	320	300÷340
Зичлик, ρ , кг/м ³		1190	1180	1280	1230	1320
$\eta_s=0,05$ бўлгандаги нисбий нарх		С,61	0,65	0,49	0,53	1,00

* - Эпоксид олигомери асосида мавжуд бўлган тебранишни ютувчи композицион материал

Ушбу композициялар мавжуд бўлган тебранишни ютувчи материаллар: "Адем", "Агат", Антивибрит-2 ва бошқаларга қараганда тахминан икки марта катта бўлган юқори йўқотиш модулига эга. ВЭГГУ-1 ва ВЭПУ-2 композицияларини тебраниш энергиясини интенсив ютиш зарур бўлган

шароитларда муваффақиятли қўллаш мумкин, ВЭПУ-ІК ва ВЭПУ-ІТ композициялари эса тебранишнинг ютилиши ўртача талаб қилинган жойларда қўллаш учун тавсия этилади.

Шу билан бирга, ЎБТ асосидаги қопламанинг нисбий қалинлиги ва хароратни, уларнинг тебранишни ютилиш хоссаларига таъсири ўрганилди. Материалдан фарқли равишда ярим-ЎБТ асосидаги қоплама харорат шкаласида механик йўқотишнинг самарадор коэффициенти η_3 деб номланган битта кенг максимумига эга.

Тебраниш вақтида энергия ютувчи сифатида муваффақиятли қўллаш мумкин бўлган ярим-ЎБТ асосидаги қопламаларни эксплуатация қилиш харорат оралиғи (240 - 320 К) аниқланди. Ўтказилган тадқиқотлар натижалари асосида η_3 ни қоплама қалинлиги ва материалнинг қовушқоқ-эгилювчан характеристикаси билан боғловчи эмпирик тенглама олинди:

$$\eta_3 = A\eta \frac{E'}{E''} V\beta \quad (II)$$

бу ерда: А – полимер аралашмаси тузилишига боғлиқ бўлган параметр, (-ушбу ҳолатда А = 2,3);

η – материалнинг механик йўқотиш коэффициенти;

E' ва E'' материал ва қатламнинг эгилювчан динамик модули;

β – нисбий қалинлик.

(II) тенглама $\beta = 0,5 * 2,5$ бўлганда ҳақиқий ҳисобланади.

ЎБТ ларнинг вибродемпфирловчи композицион полимер қопламаларини Пискент пахта тозалаш заводи машина ва механизмларнинг тебранувчи элементларида (корпусларида, вентилятор парракларида, тозаловчиларнинг юпка корпусларида ва линтерларни таъминловчиларда) тажриба саноат синовидан ўтказилганда, тозаловчи ва джин-линтерли цехлардаги шовқин даражасини 7 дан 24 дБ гача камайтириш имконини берди. Пахтани қайта ишлаш машина ва механизмларига хизмат кўрсатувчи ишчи ходимларнинг меҳнат шароитлари яхшиланди. Ушбу заводда ишлаб чиқилган тебранишни ютувчи композиция қоплама кўринишида амалиётга жорий этишдан олинган иқтисодий самарадорлик 152 млн. сумни ташкил этди.

ХУЛОСА

1. Минерал тўлдирувчилар, полиуретан УК-1 ва ЭД-16 олигомеридан иборат эпоксид полимери асосидаги ЎБТ нинг қовушқоқ-эгилювчан ва механик хусусиятларини комплекс ўрганишда ўтказилган тадқиқотлар асосида вибродемпфирловчи композицион полимер материаллар ва қопламалар яратишнинг илмий ёндашуви ишлаб чиқилди.

2. ЎБТ нинг йўқотиш модули “Е” мавжуд бўлган тебранишни ютувчи материалларнинг йўқотиш модулидан 1,5 + 2,0 марта ортиши кўрсатилди.

3. Полимерларнинг қовушқоқ-эгилювчан хоссаларини тадқиқ қилиш резонанс ва энергетик усулларни биргаликда қўллашдан иборат бўлиб, ярим-

ЎБТ ҳосил қилувчи полимер тизимларнинг қовушқоқ-эгиловчан хоссаларини аниқлашда резонанс-энергетик усуллар ишлаб чиқилди ва назарий жиҳатидан асосланилди.

4. Икки фазали полимер тизимлардаги компонентларни сегрегацияланиш даражасини аниқлашнинг резонанс максимумлари параметрлари бўйича, соддалиги ва тажрибада қўллаш осонлиги билан фарқ қилувчи янги усули таклиф этилди.

5. ЎБТ га эга бўлган икки фазали полимер тизимларнинг қовушқоқ-эгиловчан хоссалари компонентларнинг сегрегацияланиш даражасига сезиларли даражада боғлиқ эканлиги аниқланилди.

6. Тўлдирувчилар билан тўлдирилган ва тўлдирилмаган тизимларда компонентларнинг сегрегацияланиш даражаси ва механик йўқотиш коэффициенти орасида ҳамда турли хил ҳароратларда эгиловчанликнинг динамик модули ва механик йўқотиш коэффициенти орасида корреляцион боғлиқлик мавжудлиги аниқланилди.

7. ЎБТ дан тайёрланган қопламалар бир хил нисбий қалинликдаги мавжуд тебранишни ютувчи қопламаларга қараганда юқори η , га эгалиги аниқланилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ имени
ИСЛАМА КАРИМОВА**

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

НАВРУЗОВ ФАРХОД МАМАТКУЛОВИЧ

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ВЗАИМОПРОНИКАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

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

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

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2021.3.PhD/T2346 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараққиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.
Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу www.gupft.uz и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу www.ziynet.uz.

Научный руководитель: **Негматов Сайибжан Садилович**
доктор технических наук, профессор, академик АН РУз, Заслуженный деятель Республики Узбекистан,

Абед Нодира Сойибжоновна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Рискулов Алимжон Ахмаджанович**
доктор технических наук, профессор

Халимжонов Тахир Салимович
кандидат технических наук, доцент.

Ведущая организация: **Андижанский институт машиностроения**

Защита диссертации состоится «26» октября 2021 года в 15⁰⁰ часов (онлайн) на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 при ГУП «Фан ва тараққиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqiyot@mail.ru на здание «Фан ва тараққиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

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

Автореферат диссертации разослан «14» октября 2021 года
(протокол реестра № 24-2021 от 27 август 2021 г.)



А.В. Умаров
Председатель научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

М.Э. Икрамова
Ученый секретарь научного совета по присуждению
учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

А.М. Эминов
Председатель научного комитета при научном
совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире для снижения степени вибрации и уровня шума при эксплуатации машин и механизмов осуществляется усовершенствованием конструкций рабочих органов машин и применением полимерных материалов. При этом особое внимание уделяется предотвращению вибрации и шума путем покрытия деталей рабочих органов машин и механизмов полимерными композиционными материалами, что является более экономически выгодным по сравнению с созданием усовершенствованных или новых рабочих органов машин.

В мире проводятся научно-исследовательские работы по снижению степени вибрации и уровня шума с применением вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов в их рабочих органах. В этом аспекте, получение покрытия из них на вибрирующих поверхностях рабочих органов машин сложной конфигурации, широкое использование их в качестве вибропоглощающего и вибродемпфирующего материала, разработка новых композиционных материалов на основе смесей полимеров, образующих взаимопроникающую полимерную сетку (ВПС), представляющие собой уникальный тип полимерных смесей и обеспечивающие их высокую вибродемпфирующую способность, позволяющих получать покрытия из них на поверхности сложных деталей и рабочих органов машин имеет особое значение.

В республике проводятся исследования по вязкоупругим и физико-механическим свойствам ВПС, позволяющие разработать на их основе вибропоглощающие материалы и достигаются определенные результаты. В пункте четыре четвертого направления Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан «...эффективные механизмы стимулирования научно-исследовательской и инновационной деятельности, применения научных и инновационных разработок...»² поставлены важнейшие задачи. В этой связи, проведение исследований, позволяющие повысить вязкоупругие свойства ВПС и разработать эффективные вибродемпфирующие композиционные полимерные материалы машиностроительного назначения, имеет важное значение.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», № УП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускорению развития химической промышленности в Республике Узбекистан», Постановлении от 23 августа 2017 г. № ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 гг.» и других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

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

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

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

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что вопросы повышения работоспособности и эффективности металлополимерных материалов и покрытий, применяемых в узлах трения машин и механизмов с высокими вибродемпфирующими свойствами далеки еще от своего решения. Это связано со сложностями, связанными с комплексным изучением физико-механических, вибродемпфирующих свойств композиционных полимерных материалов и покрытий из них, работающих в условиях вибрации деталей машин и отсутствием оригинальных технологии их получения. Решению этих проблем и посвящена настоящая работа.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени И. Каримова в следующих проектах: фундаментальный научный проект №Ф-7-9(Ф-7-95) «Выявление закономерностей и исследование механизма формирования и разрушения адгезионных свойств полимерных материалов в зависимости от различных ингредиентов для получения эффективных полимерных лакокрасочных, композиционных материалов и покрытий на их основе» (2017-2020 гг.); международный прикладной проект №MRB-OT-2019-25 «Разработка новых вибропоглощающих полимерных композиционных материалов и покрытий на основе органоминеральных ингредиентов и промышленных отходов производств для изготовления деталей различных машин, механизмов и технологического оборудования, обеспечивающих снижение шума и улучшение экологической обстановки в производственных помещениях на льно- и хлопкоперерабатывающих, металлургических и других предприятиях» (2019-2021 гг.).

Целью исследования является разработка составов вибропоглощающих

композиционных материалов на основе взаимопроникающих полимерных систем и технологии получения покрытий машиностроительного назначения.

Задачи исследования:

исследование влияние условий формирования на свойства ВПС из эпоксидных полимеров ЭД-16, ЭД-20, ЭИС-1 и полиуретана УК-1;

выявление влияние соотношения органоминеральных компонентов на вязкоупругие свойстве ВПС;

исследование температурной зависимости вязкоупругих свойств полу-ВПС и установление характера влияния наполнителей на их свойства;

разработка принципов создания вязкоупругих вибродемпфирующих материалов на основе ВПС и создание из них новых вибродемпфирующих полимерных композиций и покрытий машиностроительного назначения;

разработка научно-методических принципов и технологии получения композиционных вибродемпфирующих полимерных материалов и покрытий на их основе;

проведение опытно-производственных испытаний созданных вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов и расчет их эффективности.

Объектом исследования являются вибродемпфирующие, термопластичные и термореактивные полимеры, отвердитель: полиэтиленполиамин–ПЭПА и малеиновый ангидрид-МА, органоминеральные наполнители – графит, тальк, каолин, резиновый порошок.

Предмет исследования состоит из исследований формирования ВПС и ее влияние на структуру, вязкоупругие, физико-механические и демпфирующие свойства разрабатываемых вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе, а также разработка их эффективных составов.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы ИК-спектроскопия, рентгенофазный и дифференциально-термический анализ и для определения физико-химических и физико-механических свойств олигомеров, пластификаторов, отвердителей, полимеров и композиций использованы общепринятые стандартные методы.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

выявлено, что вязкоупругие свойства систем зависят от режима получения полимерной композиции комплексных вязкоупругих и механических свойств ВПС на основе эпоксидиановых полимеров и термопластичного полиуретана;

теоретически обоснован способ исследования вязкоупругих свойств гетерофазных полимерных систем, образующих ВПС, сущность которого заключается в комбинированном использовании резонансных и энергетических методов определения вязкоупругих характеристик

полимеров;

установлено, что вязкоупругие свойства ВПС существенно зависят от степени сегрегации компонентов и кинетики формирования системы, а также разработан способ определения степени сегрегации компонентов в ВПС по параметрам резонансных максимумов, отличающиеся простотой и хорошей экспериментальной производимостью;

установлены корреляционные зависимости между коэффициентом механических потерь и динамическим модулем упругости ВПС при различных соотношениях компонентов и температур, а также между коэффициентом механических потерь и степенью сегрегации компонентов в системе.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан научно-обоснованный принцип создания эффективных составов вибродемпфирующих полимерных композиций и покрытий из них на основе ВПС;

получено эмпирическое уравнение зависимости эффективного коэффициента механических потерь покрытия от относительной толщины, справедливых как для ВПС, так и для их составляющих, а также наполненных систем;

полученное уравнение зависимости модуля упругости ВПС от соотношения компонентов, корреляционные зависимости между коэффициентом механических потерь и модулем, а также между коэффициентом механических потерь и степенью сегрегации позволяют прогнозировать вязкоупругие свойства двухфазных систем;

на основе научно-обоснованного подхода с выбранными термореактивными, термопластичными полимерами и органоминеральными наполнителями разработаны эффективные составы и технология получения вибродемпфирующих композиционных материалов и покрытий на основе ВПС.

Достоверность полученных результатов обоснована совокупностью использованных физико-химических (ИК-спектроскопии, рентгеноструктурного, химического и дифференциально-термического анализов), а также полученные результаты физико-механических и вибродемпфирующих методов исследований обработаны математико-статистическим методом.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследования обуславливается влиянием специфической структуры, концентрации, дисперсности, степени анизотропии на вибродемпфирующие и физико-механические свойства органоминеральных наполнителей в композиционных полимерных материалах и покрытиях на их основе и при добавлении к полимерным материалам определенных органоминеральных ингредиентов установлено, что демпфирующее свойство повышается в 1,6-1,8 раза и поглощение шума на 40-50%.

Практическая значимость результатов исследования заключается в применении разработанных вибродемпфирующих, звукоизолирующих композиционных полимерных материалов и покрытий из них в рабочих органах и корпусных конструкциях хлопкоперерабатывающих машин и механизмов, а также в других отраслях промышленности, что служит для повышения их работоспособности и долговечности, снизить уровень шума в производственном помещении.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по разработке составов вибропоглощающих композиционных материалов на основе взаимопроникающих полимерных систем и технологии получения покрытий машиностроительного назначения достигнуто следующие:

разработанные составы вибропоглощающих композиционных полимерных материалов на основе взаимопроникающих систем были внедрены Пискентском хлопкоочистительном заводе в качестве покрытий на тонкостенных металлических конструкциях рабочих органов пыльчатых очистителей хлопка-сырца (Справка АО «PAHTASANOAT ILMİY MARKAZI» от 24.08.2021 №02-11/403). В результате, появилась возможность снизить уровень шума на 7-24 дБ в производственных помещениях, увеличился срок службы пыльчатой гарнитуры, в результате замена пыльчатых секторов из-за поломки и изгиба зубьев пил сократилась на 50%;

разработанные составы вибропоглощающих композиционных полимерных материалов на основе взаимопроникающих систем были внедрены Пискентском хлопкоочистительном заводе в качестве покрытий на поверхности корпусов джина и линтера, (Справка АО «PAHTASANOAT ILMİY MARKAZI» от 24.08.2021 №02-11/403). В результате, появилась возможность снизить дробленность семян от 0,18-0,36%;

разработанные составы вибропоглощающих композиционных полимерных материалов на основе взаимопроникающих систем были внедрены Пискентском хлопкоочистительном заводе в качестве покрытий на вентиляторах дворовой пневматики, (Справка АО «PAHTASANOAT ILMİY MARKAZI» от 24.08.2021 №02-11/403). В результате, появилась возможность снизить повреждаемость хлопковых волокон на 0,5 -0,7%, позволили повысить экономическую эффективность каждого хлопкоочистительного завода.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований оглашены на 2 республиканских и 2 международных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 12 научных работ. Из них 8 научных статей, 7 статей в республиканских и 1 статья в зарубежном журнале, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации **“Современное состояние вибродемпфирующие композиционных полимерных материалов и взаимопроникающих полимерных систем и их анализ”** приведен анализ современных литературных источников о состоянии применения разработанных в последние годы множества различных вибродемпфирующих и взаимопроникающих полимерных композитов на основе комплексного анализа и сформулированы требования, предъявляемые к созданию эффективных составов и технологии получения вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов (КПМ) и покрытий на их основе с высокими физико-механическими свойствами, ударной и адгезионной прочностями.

Из обзора литературы установлено, что при разработке вязкоупругих композиционных полимерных материалов ВПС и покрытий из них, эксплуатирующихся при вибрационных условиях недостаточно изучено влияние природы, вида, содержания и соотношения органоминеральных наполнителей, вводимых в состав композиции, а также отсутствуют научно-обоснованные подходы к созданию их эффективных составов и технологии получения, что и определило цель настоящей диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **“Выбор и обоснование объекта и методики исследования вибропоглощающих композиционных полимерных материалов и ВПС”** изложен и обоснован выбор объектов, описаны методики получения композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе, а также методика и установка для изучения вязкоупругих вибродемпфирующих физико-механических свойств композиционных полимерных материалов с ВПС и покрытий из них. Рассмотрена методика статистической обработки результатов исследований вибродемпфирующих физико-механических показателей композиционных полимерных материалов.

В третьей главе диссертации **“Исследование термодинамической совместимости и структурные характеристики взаимопроникающих систем на основе эпоксидиановых полимеров и полиуретана”** приведены результаты исследований термодинамической совместимости компонентов в ВПС, ИК-спектры, рентгеновской дифрактограммы гомополимеров и ВПС,

вязкоупругие свойства композиций ВПС релаксационные и резонансные максимумы, сегрегация компонентов в ВПС и вибродемпфирующие-вязкотекучие свойства наполненных композиционных ВПС.

Термодинамическую совместимость компонентов в ВПС определяли на основе теории Флори-Скотта и установили, что свободная энергия смешения Гиббса в интервале содержания полиуретана в системах ЭД-16/ПУ/МА, ЭД-20/ПУ/МА и ЭИС-1/ПУ/МА до 77 % имеет отрицательное значение.

Отверждение эпоксидных составляющих ВПС проводили в двух стадиях. В первой стадии система находилась при 380 К в течение 2 часов, достаточной для раскрытия ангидридного кольца малеинового ангидрида. Во второй стадии система отверждалась при 430 К в течение 10 часов. Изучение вязкоупругих свойств ВПС, полученных при 430 К, в зависимости от продолжительности отверждения эпоксидного компонента показало, что коэффициент механических потерь в отличие от эпоксидного гомополимера возрастает и проходит через максимум (после 4-6 часов отверждения), а модуль упругости монотонно возрастает. Увеличение величины коэффициента механических потерь систем с увеличением густоты сетки эпоксидных полимеров до 72-78 % указывает на наличие взаимодействия макромолекул разнородных полимеров, вследствие взаимного переплетения макромолекул.

Таким образом, установлен оптимальный режим формирования ВПС: при 380 К - 2 часа; при 430 К - 4-6 часов.

Анализ кривых зависимости вязкоупругих свойств полимерных смесей от продолжительности отверждения эпоксидного компонента показал, что характер изменения вязкоупругих параметров систем во всех случаях не меняется, а наиболее максимальное значение коэффициента механических потерь наблюдается у ВПС из эпоксидного полимера на основе олигомера ЭД-16 и полиуретана.

На ИК-спектре ВПС не обнаружено наличие химической связи между макромолекулами эпоксидного полимера и полиуретана. Между ними существует только межмолекулярные силы. Полученные электронномикроскопические снимки ВПС при различных содержаниях компонентов показали на гетерофазность системы. В структуре полиуретана обнаружены сферолитные надмолекулярные образования, свидетельствующие о наличии кристаллических областей в гомополимере. Рентгеновская дифрактограмма полиуретана подтвердила это предположение: кристалличность термопласта составляет около 20 %. В ВПС до соотношения компонентов ЭД:ПУ 50:50 кристаллические области, имеющиеся в структуре полиуретана, на рентгеновских дифрактограммах этих систем не обнаружено, следовательно их структура состоит из аморфных областей. Начиная с соотношения, где в ВПС полиуретан является дисперсной средой, проявляются некоторые кристаллические области и степень кристалличности, например, состав ЭД:ПУ 30:70 достигает до 14/5.

Таким образом, на основе теории Флори-Скотта установлено, что

эпоксидиановые олигомеры термодинамически совместимы с полиуретаном в расплаве до 77%. Выявлено, что ВПС имеет гетерофазную структуру, причем, структура полиуретана при этом претерпевает значительное изменение.

В четвертой главе диссертации «**Исследование вязкоупругих свойств, релаксационных и резонансных максимумов взаимопроникающих систем-ВПС на основе эпоксидиановых полимеров и полиуретановых эластомеров и сегрегация их компонентов**» приведены результаты исследований вибродемпфирующих свойств, релаксационных и резонансных процессов взаимопроникающих систем – ВПС на основе эпоксидиановых полимеров и полиуретановых эластомеров наполненных органоминеральными ингредиентами, математические описания динамического модуля упругости ВПС, взаимосвязь между коэффициентом потери и поглощения, а также рассматривается уравнение зависимости коэффициента механических потерь от степени сегрегации компонентов.

Значение коэффициента механических потерь эпоксидного полимера, на основе эпоксидного олигомера ЭД-16, отвержденного малеиновым ангидридом при T_c (370 К) составил 0,50, а полиуретана 1,08 (260 К) и 0,68 при нормальной температуре. При 290 К обнаружен второй максимум механических потерь, обусловленный подвижностью сегментов в жестких блоках полиуретана.

При изучении вязкоупругих свойств полимерной смеси на основе эпоксидного полимера и полиуретана обнаружено, что существующие резонансные методы изучения диссипативных свойств гомополимеров не совсем приемлемы для ВПС. В связи с этим был предложен новый комбинированный резонансно-энергетический метод определения вязкоупругих характеристик полимерных смесей, имеющих ВПС. В основу данного метода положено комбинированное использование резонансных и энергетических методов изучения диссипативных свойств полимеров. Модули упругости ВПС определены по резонансной частоте того компонента, который является дисперсной средой. Коэффициент механических потерь определен энергетическим методом по формуле:

$$\eta = \frac{\Delta W}{W} \quad (1)$$

Известно, что коэффициент механических потерь определяется выражением

$$\eta = \frac{E''}{E'} \quad (2)$$

Умножив правую часть формулы (2) на $0,5 \varepsilon^2 V$ получим

$$\eta = \frac{0,5 E'' \varepsilon^2 V}{0,5 E' \varepsilon^2 V} \quad (3)$$

Учитывая, что $E'' = \sqrt{[E^*] - (E')^2}$ и введя это выражение в (3) получим

$$\eta = \sqrt{\frac{|0,5 E^* \varepsilon^2 v|^2}{(0,5 E' \varepsilon^2 v)^2} - 1} \quad (4)$$

или

$$\eta = \sqrt{\frac{|w^*|^2}{(w')^2} - I} = \frac{\Delta W}{w'}$$

где

$$[w^*] = \sqrt{(w')^2 + (\Delta w)^2}$$

Таким образом, коэффициент механических потерь системы определяется отношением поглощенной части потенциальной энергии (ΔW) материалом к действительной накопленной энергии в материале (W^1).

Теперь формулу (4) можно записать в виде

$$\eta = \sqrt{\frac{|0,5 E^* \varepsilon_0^2 v_0|^2}{(0,5 E' \varepsilon^2 v)^2} - I}$$

где: E^* и E - комплексный модуль упругости и его действительная часть, МПа;

ε_0 и ε - величины относительной деформации металлической и полимерной образцов;

V_0 и V - объем металлического и полимерного образцов, см³.

Далее приведены результаты исследований вязкоупругих свойств ВПС в зависимости от соотношения компонентов и температуры. Присутствие полиуретана в эпоксидной сетке существенно изменяет вязкоупругие свойства системы. Наблюдается нарастание η системы с максимумом до содержания полиуретана 40 % (рис.1) и доходит до 1,50 против 0,022 у ЭД-16 и 0,682 у полиуретана.

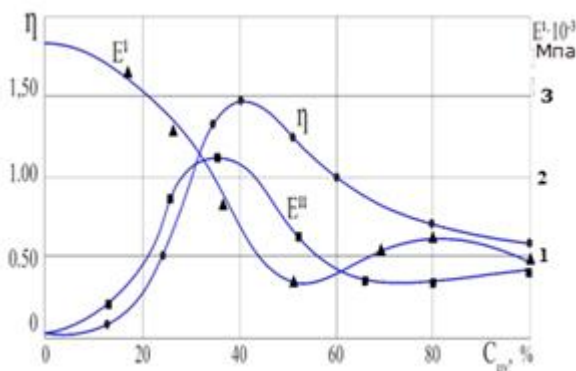


Рис. 1. Зависимость вязкоупругих свойств ВПС от содержания полиуретана в системе

Это обусловлено увеличением количества макромолекул участвующих во взаимодействии, вследствие взаимного переплетения. Также наблюдается экстремальное изменение модуля системы с минимумом при равном соотношении компонентов. При этом величина модуля системы становится даже ниже, чем у линейного полимера, несмотря на то, что доля *сшитого* полимера в системе составляет 50 %.

Модуль потерь (E'') также, как и η изменяется экстремально с максимумом при соотношении ЭД:ПУ 65:35. Наблюдаемый синергический эффект в поведении модуля упругости E' (рис.1) обусловлен с уменьшением

густоты сетки эпоксидного составляющего системы в присутствии макромолекул полиуретана и уменьшением плотности упаковки макромолекул вследствие стерических эффектов. С учетом изменения степени отверждения сетчатого полимера и взаимного переплетения макромолекул получено уравнение, позволяющее прогнозировать поведение модуля упругости полу-ВПС при изменении ее состава

$$(E^1)^{1/5} = [\Phi_A (E_A)^{1/5} + \Phi_B (E_B)^{1/5} \gamma] \nu^{1/5}$$

где: Φ_A и Φ_B - объемные доли полимеров;

E_A и E_B - динамические модули упругости линейного и сетчатого полимеров, МПа;

γ - степень отверждения сетчатого полимера;

$\nu = (2 - \alpha)$ - параметр, учитывающий взаимное переплетение макромолекул полимеров;

α - степень сегрегации компонентов.

Результаты исследований η ВПС в зависимости от температуры при различных содержаниях компонентов показали (рис.1), что температура стеклования гомополимеров и смеси сближаются, значение максимума η при этом несколько снижается ЭД:ПУ 75:25, но наблюдается значительное увеличение η межфазных слоев. Дальнейшее увеличение содержания полиуретана в системе приводит к нарастанию η компонентов в смеси и область температуры стеклования в целом расширяется. Смещение и приближение друг к другу T_c гомополимеров в ВПС свидетельствуют о взаимном проникновении макромолекул разнородных полимеров. Эпоксидная сетка служит наполнителем для полиуретана, поэтому вследствие уменьшения гибкости цепей T_c последнего смещается в сторону более высоких температур. В свою очередь макромолекулы полиуретана оказывают пластифицирующее действие на эпоксидную составляющую и T_c сетчатого полимера смещается в сторону более низких температур. Смещение T_c полиуретанового компонента в сторону более низких температур при соотношении ЭД:ЛУ от 70:30 до 60:40 обусловлено термодинамической неустойчивостью систем, проявляющиеся в уменьшении плотности упаковки макромолекул.

Получена математическая зависимость η от E' ВПС при различных соотношениях компонентов и температур. Величина η связана с E' линейной зависимостью и списывается уравнением

$$\eta = \frac{6,5 (3200 - E') + 91(T - 273)1,26}{10000} \quad (9)$$

Данное уравнение удовлетворительно описывает зависимость в следующем интервале:

$$E' = 1500 - 3000 \text{ МПа и } T = 273 - 313 \text{ К}$$

Определение степени сегрегации компонентов в полу-ВПС по параметрам релаксационных максимумов при различных соотношениях компонентов (рис. 2) показало, что с увеличением доли полиуретана в

системе степень сегрегации компонентов уменьшается и достигает минимума при равном соотношении составляющих. Это свидетельствует о том, что совместимость компонентов в полу-ВПС улучшается, число макромолекул гомополимеров, участвующих во взаимодействии, увеличивается, величина η растет.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что степень сегрегации компонентов в полу-ВПС существенно влияет на ее вязкоупругое поведение.

Процесс получения релаксационных максимумов связаны с некоторыми экспериментальными трудностями. В связи с этим, в данной работе предложен способ определения α по параметрам резонансных максимумов. Величина α рассчитывается по той же формуле, что и определена α по параметрам релаксационных максимумов, только видоизменив название показателей, входящих в неё

$$\alpha = \frac{h_1+h_2-\lambda\omega}{h_1^0+h_2^0} \quad (10) \quad \lambda\omega = \frac{l_1 h_1+h_2}{L}$$

где: h_1^0, h_2^0 - величина резонансных максимумов гомополимеров соответственно, мм;

h_1, h_2 величины резонансных максимумов составляющих компонентов в смеси, мм;

$\lambda\omega$ параметр, учитывающий сдвиг положения резонансных максимумов по частотной шкале, мм;

l_1, l_2 интервал между резонансными частотами гомополимеров, мм (рис. 3).

Степень сегрегации компонентов, рассчитанные по параметрам резонансных, а также релаксационных максимумов (для сравнения) представлены в таблице 1.

Из табл.1 видно, что значения степени сегрегации в полу-ВПС, определенные по параметрам двух разных максимумов, хорошо согласуются.

Далее приведены результаты исследований вязкоупругих свойств наполненных ВПС.

Изучение температурной зависимости наполненных ВПС показало, что с увеличением содержания наполнителей наблюдается увеличение степени сегрегации компонентов в системе за исключением малых концентраций (таблица 2).

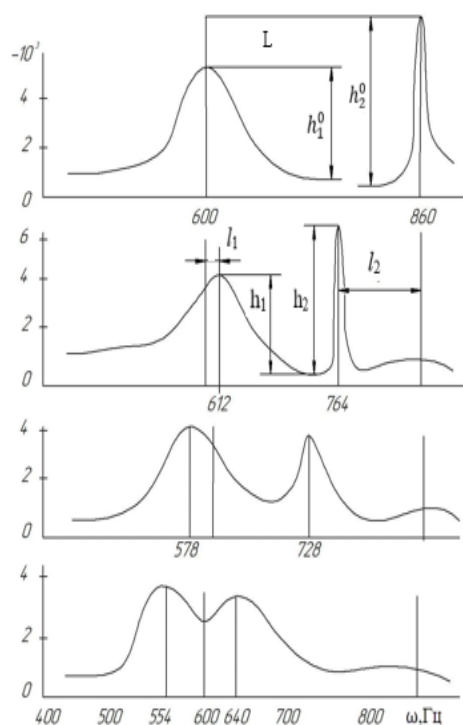


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента механических потерь полувзаимопроницающих полимерных сеток

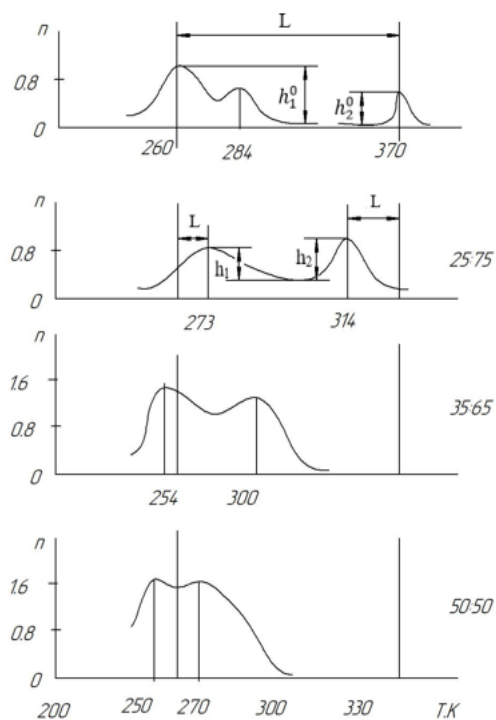


Рис. 3. Частотная зависимость относительной деформации полувзаимопроницающих полимерных сеток

Таблица 1

Степень сегрегации компонентов в полу-ВПС

Состав полу-ВПС, %		α рассчитанная по параметрам резонансных максимумов	α рассчитанная по параметрам релаксационных максимумов
ЭД	ПУ		
85	15	0,695	0,880
75	25	0,651	0,690
65	35	0,366	0,358
60	40	0,234	0,200
50	50	0,161	0,136

Таблица 2

Изменение степени сегрегации компонентов в ВПС и зависимости от содержания наполнителей

Наполнители	Содержание наполнителей, об. ч.					
	0	5	10	20	30	40
Каолин	0,386	0,334	0,487	0,600	0,630	0,660
Телик	0,386	0,354	0,469	0,558	0,610	0,668
Графит	0,386	0,365	0,544	0,665	0,705	0,738

Примечание: Исходный состав ЭД:ПУ 65:35

При этом обнаружено, что T_c эпоксидного составляющего смещается в сторону более высоких температур, а положение T_c полиуретанового компонента практически не меняется. Это обстоятельство свидетельствует о том, что наполнители селективно взаимодействуют с одним из составляющих системы - с эпоксидным полимером.

Таким образом, выявлено, что введенные в ВПС наполнители селективно взаимодействуют с одним из составляющих системы и приводит к снижению совместимости компонентов.

В пятой главе диссертации **«Разработка эффективных составов вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов на основе поли-ВПС и технологии получения покрытий из них для рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов и их эффективность»** приводятся результаты разработки эффективных составов и технологии получения вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов на основе ВПС, исследование их физико-механических свойств, технологический регламент их получения, опытно-производственные испытания и применение созданных композиционных полимерных материалов в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов и расчет технико-экономической их эффективности.

Для разработки эффективных составов вибродемпфирующих свойств ВПС наряду с вязкоупругими были изучены механические свойства покрытий из ненаполненных и наполненных ВПС в зависимости от соотношения компонентов и содержания наполнителей. Адгезионная прочность и микротвёрдость покрытий с увеличением доли полиуретана в системе снижаются и проходят через минимум при равном соотношении компонентов. Ударная прочность системы увеличивается и достигает максимума при ЭД:ПУ 65:35.

Далее наблюдается уменьшение ударной прочности системы до соотношения компонентов равным 50:50. Когда полиуретан становится дисперсной средой, ударная прочность системы незначительно увеличивается. Увеличение величины ударной прочности системы до соотношения ЭД:ПУ 65:35 обусловлено снижением внутренних напряжений в эпоксидном полимере за счет пластифицирующего действия термопласта, а снижение ее уменьшением плотности упаковки макромолекул вследствие стерических эффектов. Уменьшение адгезионной прочности, а также микротвердости системы обусловлено ухудшением адсорбционного взаимодействия макромолекул компонентов с подложкой вследствие уменьшения плотности упаковки.

Введенные наполнители в ВПС снижают адгезионную прочность покрытий, а микротвёрдость заметно увеличивается. Это, по-видимому, обусловлено ухудшением адсорбционного взаимодействия макромолекул эпоксидного олигомера с подложкой вследствие взаимодействия их с частицами наполнителей.

На основе проведенных исследований вязкоупругих свойств ВПС и

механических свойств покрытий на их основе были предложены принципы создания эффективных вибропоглощающих материалов и покрытий из них на основе полимерных смесей. В зависимости от условия эксплуатации и предложенных принципов были разработаны новые высокоэффективные вибропоглощающие композиции на основе исследованных полу-ВПС, свойства которых приведены в таблице 3.

Эти композиции обладают высоким модулем потерь, превышающий почти в два раза модуль потерь существующих вибропоглощающих материалов, таких как "Адем", "Агат", Антивибрит-2 и др. Композиции ВЭГУ-1 и ВЭПУ-2 можно успешно применять в условиях, где требуется интенсивное поглощение энергии колебаний, композиции ВЭПУ-ИК и ВЭПУ-IT рекомендуется для применения в тех местах, где требуется умеренное вибропоглощение.

Также было изучено влияние температуры и относительной толщины покрытия из ВПС на их вибропоглощающие свойства. В отличие от материала, покрытия из полу-ВПС в температурной шкале имеет один широкий максимум механических потерь, именуемый эффективным коэффициентом механических потерь η_3 .

Таблица 3
Свойства разработанных вибропоглощающих композиций

Свойства \ Композиция	ВЭПУ-1	ВЭПУ-2	ВЭПУ- ИК	ВЭПУ- IT	Антивибрит-2*
Коэффициент механических потерь η	1,35	1,50	1,06	1,03	0,44
Динамический модуль упругости $E \cdot 10^{-3}$, МПа	1,77	1,56	2,02	1,87	3,00
Модуль потерь $E \cdot 10^{-3}$, МПа	2,40	2,25	2,12	1,92	1,32
Эффективный коэффициент механических потерь η_3 при $\beta = 2,0$	0,21	0,20	0,18	0,16	0,10
Адгезионная прочность σ_A , МПа	19,60	16,00	15,20	12,60	21,00
Ударная прочность $\sigma_{уд}$, Н*м	4,56	4,17	5,00	4,48	2,00
Диапазон температуры эксплуатации, К	240	310	240	320	300÷340
Плотность ρ , кг/м ³	1190	1180	1280	1230	1320
Относительная стоимость при $\eta_3=0,05$	С,61	0,65	0,49	0,53	1,00

* - Существующий вибропоглощающий композиционный материал на основе эпоксидного олигомера

Определен температурный интервал эксплуатации (240 - 320 К), при котором покрытия из полу-ВПС можно успешно применять в качестве гасителя энергии при колебаниях. На основе результатов исследования

получено эмпирическое уравнение, связывающее η_3 вязкоупругими характеристиками материала и толщины покрытия

$$\eta_3 = A\eta \frac{E'}{E''} B\beta \quad (11)$$

где: A - параметр, зависящий от структуры полимерной смеси (-в данном случае $A = 2,3$);

η - коэффициент механических потерь материала;

E' и E'' динамические модули упругости материала и подложки;

β - относительная толщина.

Уравнение (II) действительно при $\beta = 0,5 * 2,5$.

Проведенные производственные испытания вибродемпфирующих композиционных полимерных покрытий ВПС на вибрирующих элементах машин и механизмов (корпуса, лопасти вентиляторов, тонкостенные корпуса очистителей и питатели линтеров) Пискентского хлопкоочистительного завода позволили снизить уровень шума в очистительном и джинно-линтерном цехах от 7 до 24 дБ. Улучшились условия работы обслуживающего персонала машин и механизмов переработки хлопка-сырца. Сумма экономического эффекта от внедрения разработанных вибропоглощающих композиций в виде покрытия на данном заводе составила 152 млн. сум. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан научный подход создания вибродемпфирующих композиционных полимерных материалов и покрытий на основе проведенных комплексных исследований вязкоупругих и механических свойств ВПС на основе эпоксидного полимера из олигомера ЭД-16, полиуретана УК-1 и минеральных наполнителей.

2. Показано, что модуль потерь E'' ВПС превышает модуль потерь существующих вибропоглощающих материалов в 1,5 + 2,0 раза.

3. Разработан и теоретически обоснован резонансно-энергетический метод определения вязкоупругих характеристик полимерных систем, образующих полу-ВПС, заключающийся в комбинированном использовании резонансных и энергетических методов исследования вязкоупругих свойств полимеров.

4. Предложен новый способ определения степени сегрегации компонентов в двухфазных полимерных системах по параметрам резонансных максимумов, отличающийся простотой и хорошей экспериментальной воспроизводимостью.

5. Установлено, что вязкоупругие свойства двухфазных полимерных систем, имеющих ВПС, существенно зависят от степени сегрегации компонентов.

6. Выявлены корреляционные зависимости между коэффициентом механических потерь и динамическим модулем упругости при различных температурах между коэффициентом механических потерь и степенью

сегрегации компонентов в ненаполненных и наполненных системах.

7. Установлено, что покрытия из ВПС обладают высоким η_v , чем существующие вибропоглощающие покрытия при одинаковой относительной толщине.

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

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

NAVRUZOV FARKHOD MAMATKULOVICH

**DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS OF VIBRATION-ABSORBING
COMPOSITE MATERIALS BASED ON INTERPENETRATING
POLYMER SYSTEMS AND TECHNOLOGY FOR PRODUCING
COATINGS FOR MACHINE-BUILDING PURPOSES**

**02.00.07 - Chemistry and technology of composite, paint and varnish and rubber materials
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 radioactive, rare and noble metals (technical sciences)**

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

Tashkent – 2021

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.3.PhD/T2346.

The dissertation has been prepared at the Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot».

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

Research supervisor:

Negmatov Sayibjhan Sadikovich
doctor of technological sciences, professor,
Academician of the Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan

Abd Nodira Sayibjanovna
doctor of technological sciences, professor

Official opponents:

Risqulov Alimjon Ahmadjonovich
doctor of technical sciences, professor

Halimjonov Tokhir Salimovich
candidate of technical sciences, dotsent

Leading organization:

Andijan Institute of Mechanical Engineering

The defense will take place «26» october 2021 at 15⁰⁰ at the meeting of Scientific council No.DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28/(+99871) 227-12-73, e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru. The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under No.24-21). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28 / (+99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «14» october 2021 y.
(mailing report No24-2021 on «27» August 2021 y.).



A.V. Umarov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doktor of technical sciences, professor

M.E. Ikramova
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees, candidate
of chemical sciences, senior researcher

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work development of compositions of vibration-absorbing composite materials based on interpenetrating polymer systems and technology for producing coatings for machine-building purposes.

The object of the research work are vibration damping, thermoplastic and thermosetting polymers, hardener: polyethylene polyamine-PEPA and maleic anhydride-MA, organomineral fillers - graphite, talc, kaolin, rubber powder.

Scientific novelty of the research work:

complex studies of the viscoelastic and mechanical properties of IPN based on epoxydian polymers and thermoplastic polyurethane revealed that the viscoelastic properties of the systems depend on the mode of obtaining the polymer composition;

proposed and theoretically substantiated a method for studying the viscoelastic properties of heterophase polymer systems that form IPN, the essence of which is the combined use of resonance and energy methods for determining the viscoelastic characteristics of polymers;

it was found that the viscoelastic properties of the IPN significantly depend on the degree of segregation of the components and the kinetics of the formation of the system, and a method has been developed for determining the degree of segregation of the components in the IPL by the parameters of the resonance maxima, which are simple and have good experimental performance;

correlation dependences between the coefficient mechanical losses and dynamic modulus of elasticity of IPN at various ratios of components and temperatures, as well as between the coefficient of mechanical losses and the degree of segregation of components in the system.

Implementation of the research results. Based on scientific results on the development of compositions of vibration-absorbing composite materials on the basis of interpenetrating polymer systems and technology for obtaining coatings for machine-building purposes, the following has been achieved:

the developed compositions of vibration-absorbing composite polymeric materials based on interpenetrating systems were introduced by the Piskentsky cotton ginning plant as coatings on thin-walled metal structures of the working bodies of saw-type cotton cleaners (Reference of PAXTASANOAT ILMIIY MARKAZI JSC dated 08.24.2021 No. 02-11 / 403). As a result, it became possible to reduce the noise level by 7-24 dB in industrial premises, the service life of the saw headset increased, as a result, the replacement of saw sectors due to breakage and bending of saw teeth was reduced by 50%;

the developed compositions of vibration-absorbing composite polymer materials based on interpenetrating systems were introduced by the Piskent cotton ginning plant as coatings on the surface of gin and linter housings, (Reference of PAXTASANOAT ILMIIY MARKAZI JSC dated 08.24.2021 No. 02-11 / 403). As a result, it became possible to reduce the fragmentation of seeds from 0.18-0.36%;

The developed compositions of vibration-absorbing composite polymeric

materials based on interpenetrating systems were introduced by the Piskent cotton ginnery as coatings on the fans of yard pneumatics, (Reference of PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI JSC dated 08.24.2021 No. 02-11 / 403). As a result, it became possible to reduce the damageability of cotton fibers by 0.5 - 0.7%, while economic efficiency is 152 million soums for each ginning plant.

The structure and volume of the thesis. The thesis structure of consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of literature applications. The dissertation volume consists 112 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Р.Х. Саидахмедов, Т.У. Ульмасов, А.Я. Григорьев, В.П. Сергиенко, К.С. Негматова, С.С. Жовлиев, Ж.Н. Негматов, З.У. Махаммаджонов, М.М. Садыкова, М.Н. Негматова, О.Х. Абдуллаев, Ф.М. Наврузов. Исследование вязкоупругих и адгезионно-прочностных свойств и разработка эффективных вибропоглощающих композиционных полимерных материалов и покрытий машиностроительного назначения // Пластические массы, №7-8, 2020, -С.32-36, (02.00.00.№5).
2. С.С. Негматов, Г. Гулямов, Н.С. Абед, О.Х. Эшкobilов, М.Н. Тухташева, Н. Икрамов, Ш.А. Бозорбоев, М.М. Садыкова, О.Х. Абдуллаев, Ф.М. Наврузов. Зависимость коэффициента трения, температуры в зоне трения и температуры стеклования эпоксидных композитов от различных технологических факторов // Композиционные материалы, Специальный выпуск, Ташкент, 2020 г., - С. 38-41 (02.00.00.№4).
3. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, З.У. Махаммаджонов, Ф.Р. Иксанов, М.М. Саидова, Ф.М. Наврузов. Исследование зависимости влияния температуры на адгезионную прочность полимерных покрытий // Композиционные материалы – Ташкент, 2020 - №1. - С. 140-142 (02.00.00.№4).
4. С.С. Негматов, М.М. Садыкова, Г. Гулямов, Н.С. Абед, М.М. Матшарипова, Ф.М. Наврузов, О.Х. Эшкobilов, М.Н. Тухташева, О.Х. Абдуллаев. Зависимость коэффициента трения, температуры в зоне трения и температуры стеклования эпоксидных композитов от засоренности и влажности хлопка-сырца // Композиционные материалы, Ташкент, 2020, №3, - С. 46-50 (02.00.00.№4).
5. С.С. Негматов, З.У. Махаммаджонов, О.Х. Абдуллаев, Ф.М. Наврузов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, М.М. Садыкова, М.М. Матшарипова, М.Ш. Тухлиев, Ш.А. Агзамова. Исследование адгезии наполненных поликапроамидных покрытий к металлическим субстратам // Композиционные материалы, Ташкент, 2020, №3. - С. 299-300 (02.00.00.№4).
6. С.С. Негматов, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, С.С. Жовлиев, Ф.М. Наврузов, М.Ш. Тухлиев, М.М. Матшарипова, А. Атаходжаев, А.Р. Сатторов. Особенности механического поведения вязкоупругих свойств демпфирующих полимерных материалов // Композиционные материалы, Ташкент, 2020, №3, - С. 319-320 (02.00.00.№4).
7. Ф.М. Наврузов, Т.У. Улмасов, С.С. Жовлиев, Н.С. Абед, М.М. Матшарипова, А. Атаходжаев, А.Р. Сатторов. Обоснование выбора полимерных материалов демпфирующего назначения // Композиционные материалы, Ташкент, 2020, №3, С. 320-322 (02.00.00.№4).
8. С.С. Негматов, А.Я. Григорьев, Н.С. Абед, В.П. Сергиенко, Т.У. Улмасов, С.С. Жовлиев, Ф.М. Наврузов. Исследование вибропоглощающих свойств

композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе // Композиционные материалы, Ташкент, 2021, №1, - С. 151-154 (02.00.00.№4).

И-бўлим (II часть; II part)

9. С.С. Негматов, М.М. Садыкова, Т.У. Улмасов, С.С. Жовлиев, М.Г. Бабаханова, Н.С. Абед, Ф. М. Наврузов, ГУП «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ имени И. Каримова. Исследование влияния порошкообразного эластомера на вязкотекучие свойства вибропоглощающих покрытий // «Polimerlar haqidagi fanning zamonaviy muammolari» Respublika ilmiy anjumani, Toshkent, 2020y 25-26 noyabr. - С. 97-99.

10. С.С. Негматов, Ф.М. Наврузов, С.С. Жовлиев, Т.У. Улмасов, О.Х. Абдуллаев, А. Атахожаев, А.Р. Сатторов. Пути создания демпфирующих композиционных полимерных материалов // «Polimerlar haqidagi fanning zamonaviy muammolari» Respublika ilmiy anjumani, Toshkent, 2020, 25-26 noyabr, - С. 101-102.

11. З.У. Мухамеджанов, М.М. Садыкова, С.С. Жовлиев, Ф.М. Наврузов, Т.У. Улмасов. Исследование влияния порошкообразного эластомера на адгезионно-прочностные свойства вибропоглощающих полимерных композиционных материалов // Материалы VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, посвящённая памяти члена-корреспондента НАН Беларуси С.С. Песецкого. Гомель, 9–11 ноября 2020 г. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2020, - С. 112-113.

12. Soyibjon Negmatov, T. Ulmasov, Farxod Navruzov* and S. Jovliyev. Vibration damping composition polymer materials and coatings for engineering purpose // International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO - 2021) Volume, 264, 02 June 2021.