

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМий
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ИКРОМОВ АКМАЛЖОН ҒОФУРЖОНОВИЧ

**ЮК АВТОМОБИЛЛАРИНИНГ АГРЕГАТЛАРИДАГИ
МАШИНАСОЗЛИК ДЕТАЛЛАРИ УЧУН ЯНГИ САМАРАДОР
МАТЕРИАЛ ВА УНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси (Қуймачилик ва металларга ишлов бериш технологияси йўналиши)

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

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of the abstract of dissertation of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Икромов Акмалжон Гофуржонович

Юк автомобилларининг агрегатларидаги машинасозлик
деталлари учун янги самарадор материал ва уни олиш
технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Икромов Акмалжон Гофуржонович

Разработка новых эффективных материалов для
машиностроительных деталей агрегатов грузовых автомобилей
и технологии их получения23

Ikromov Akmaljon Gofurjonovich

Development of new effective materials for machine-
building parts of truck aggregates and technologies
for their production.....43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ИКРОМОВ АКМАЛЖОН ҒОФУРЖОНОВИЧ

**ЮК АВТОМОБИЛЛАРИНИНГ АГРЕГАТЛАРИДАГИ
МАШИНАСОЗЛИК ДЕТАЛЛАРИ УЧУН ЯНГИ САМАРАДОР
МАТЕРИАЛ ВА УНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси
(Қуймачилик ва металларга ишлов бериш технологияси йўналиши)**

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/Т356 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспор университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Рискулов Алимжон Аҳмаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдуллаев Фатхулла Садуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Жумабоев Алижон Бакишевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Андижон машинасозлик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «6» август соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2.Тел./факс: (+998971) 227-10-32; e-mail: tadqiqotchi@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№215 рақам билан рўйхатга олинган) (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси-2. Тел: (998971) 227-10-32).

Диссертация автореферати 2021 йил «24» июль тарқатилди (2021 йил «24» июлдаги №124 рақамли реестр баённомаси).



К.А. Каримов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Ш.Б. Ташбулатов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори, PhD

Ф.С. Абдуллаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунё миқёсида автомобилсозлик – барқарор ижтимоий-иқтисодий ривожланишини белгилайдиган тармоқлардан бири бўлиб, транспорт воситаларининг кардан валлари ва тормоз камераларининг конструктив элементлари учун аксилкоррозион ва триботехник қопламаларни олишда ҳамда функционал машинасозлик композитларининг марка ассортиментидида термопластик матрицалар асосида ишланган, турлича тузилиш, таркиб ва дисперсликка эга бўлган, 100 нм дан ошиқ бўлмаган ўлчамли тўлдирувчилар ва модификаторларни ўз ичига оладиган материалларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда. Хусусан, алифатик полиамидлар (ПА6, ПА6.6) асосида ишлаб чиқилган композит материаллар юк автомобиллари агрегатларидаги машинасозлик деталлари учун триботехник қопламаларни қоплаш асосида уларнинг эксплуатация муддатини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда полимер матрицалар асосидаги материалларни синтезлаш, уларни тайёрлаш ва қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш, шунингдек, металлполимер тизимларни эксплуатация қилишдаги физик-кимёвий ва трибокимёвий жараёнларнинг энергетика масалалари ва бошқа матрицаларнинг қаттиқлигини оширишга йўналтирилган кенг кўламдаги илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу билан бирга полиамидлар, фторопластлар, полиэфирлар ва бошқа саноат полимерлари асосидаги термопластик матрицали композитларни кўллашнинг амалий тажрибаси уларнинг структурасига қўйилган потенциал имкониятлардан тўлиқ фойдаланиш, статик ва динамик (триботехник) металлополимер тизимларни эксплуатация қилишда оптимал параметрларга эришиш ҳамда полимерлар материалшунослигида ресурс тежамкор технологиялардан фойдаланиш долзарб вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Республикада полимер материаллардан тайёрланган буюмларнинг металлполимер триботизимларнинг эксплуатация параметрлари таъсирига структуравий мослашиш ва уларни ишлаб чиқиш технологияларини яратиш юзасидан кенг қамровли чора тадбирлар амалга оширилиб муайян натижаларга эришилмоқда. 2017- 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзлаштириш...»¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан юк автомобилларининг агрегатларидаги машинасозлик деталлари учун янги самарадор материал ва уни олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони ва 2017 йил 26 майдаги ПҚ-

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

3012-сон “2017-2021 йилларда Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада янгиладиган энегретикани, энергия самарадорлигини юксалтириш бўйича кейинги ривожланиш тадбирлари дастурлари ҳақида”ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» ва VII. “Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар” устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Полимер матрицалар асосидаги функционал материалларни яратишда физик-кимёвий ва трибокимёвий жараёнларнинг энергетик жиҳатлари, уларни олиш ва қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш, улардан фойдаланиш билан ишланган турлича мўлжалланишли металлополимер тизимларни эксплуатация қилиш масалалари К.Е. Drexler, С.Р. Pool, F.J. Owens, Eds.A.S.Edelstein, R.C. Caminarata, P.M. Ajayan, L.S. Schadler, A.V. Braun, M.A. Stroschio, M.Dutta, И.П. Суздалев, А.И.Гусев, Ю.Д.Третьяков, Р.А.Андриевский, А.А. Охлопков, В.М. Бузник ва бошқаларнинг тадқиқотларида кўриб чиқилган.

Янка Купала номидаги Гродно давлат университети (Беларусь Республикаси) олимлари – профессор Лиопо В.А., профессор Струк В.А. ва бошқаларнинг илмий ишлари натижасида моддий зарралар, шу жумладан наноўлчамли зарраларнинг энергетик ва бошқа параметрлари ўртасидаги корреляцияли боғланишлар аниқланган. Беларусь Миллий Академиясига қарашли В.А.Белый номидаги металлополимер тизимлар механикаси институти профессорлари Пинчук Л.С. ва Гольдаде В.А. турли амалий ҳолатларда полимерларнинг электрет ҳолатидан фойдаланиш услубиятини ишлаб чиқишган. Материалшунослик соҳасида В.В.Коршак, В.Н. Кулезнёв, Дж. Джонсон, Л. Сперлинг, Ю.С. Липатов, В.А. Белыйого, Ю.К.Машков, P.Cadman, J.K.Lancaster, K.Tanaka, А.А.Охлопкива машина деталлари, механизмлар ва технологик жиҳозлар учун функционал полимер материал таркибини ишлаб чиқишган.

Ўзбек олимлари С.Ш.Рашидова, С.С.Ниғматов, профессорлар Р.Н.Ашуров, А.А.Рискулов, Х.Э.Юнусов, У.А.Зиёмухамедовалар томонидан полимер материаллардан тайёрланган буюмларнинг металлполимер триботизимларнинг эксплуатация параметрлари таъсирига структуравий мослашиш услубияти ишлаб чиқилган.

Илмий манбаларни таҳлил қилиш асосида полимер композит материалларни олиш ва улардан буюм тайёрлаш жараёнининг барча босқичларида ва металлполимер тизимларни эксплуатация қилишда энергия омиллари тизимли таҳлил қилиниши етарли даражада эмаслиги аниқланган. Шундан келиб чиққан ҳолда саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган термопластлар асосида ишланган функционал элементлар ва уларнинг эксплуатацион, технологик ва иқтисодий тавсифларининг параметрларини

ошириш учун машинасозлик, кимё ва кончилик саноати, қурилиш индустрияси ва йўл қурилишида фойдаланиладиган металлополимер конструкцияларни танлаш; механик фаоллаштирилган ноорганик модификатор – каолинитни ўз ичига оладиган полиамид 6 асосидаги композицион материалларнинг таркибларини; термомеханик бирлаштирилган полиамидлар ва полиэфирлар аралашмалари асосидаги композицион материалларнинг таркибларини; термомеханик бирлаштирилган полиамидлар асосидаги композицион материалларнинг таркибларини; механик фаоллаштиришга тортилган углерод толаси билан модификацияланган политетрафторэтилен асосидаги композицион материалларнинг таркибларини ва уларни олиш технологияларини ишлаб чиқиш устида илмий тадқиқотлар олиб бориш зарур.

Диссертация тадқиқоти диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши қуйидаги ҳужжатлар асосида бажарилди: Тошкент автомобил йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти билан Янка Купала номидаги Гродно университети (Беларусь Республикаси) ўртасида илмий тадқиқот ва тажриба конструкторлик ишлари дастури доирасида халқаро ҳамкорлик Меморандуми (2016 йил 15 март, №08/16); “Полимерлар табиий модификаторлар асосида олинган наноструктурали конструкцион ва триботехник материалларнинг таркиби ва технологиясини ишлаб чиқиш (2012-2015йй)” илмий тадқиқот ишлари режаси; “Машинасозлик учун наноструктурали металлополимер материалларни ишлаб чиқиш (2015-2017 йй)”;

“Транспорт коммуникацияларининг технологик жихозлари ва функционал элементлари учун нанокompозит материаллар (2019-2021йй)”.

Тадқиқотнинг мақсади юк автомобилларининг агрегатларидаги машинасозлик деталлари учун оширилган эксплуатацион параметрларга эга бўлган янги материални ва уни олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

полимер, олигомер ва аралаш матрицалар асосида олинган функционал композит материаллар структурасини турли ташкилий поғоналарда шакллантиришнинг энергетик омилини, металлополимер тизимлар учун мўлжалланган вазифаларни эътиборга олган ҳолда тизимли равишда таҳлил қилиш;

термопластик матрицалар асосидаги композитларнинг структуравий параметрларини, бу композитларни олиш ва қайта ишлаш босқичларида таркибий қисмларга энергетик таъсир кўрсатиш йўли билан оптималлаштиришнинг услубий тамойилларини ишлаб чиқиш;

автомобилларнинг юқори ресурсли агрегатлари учун саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган термопластлар асосида олинган композит материалларнинг таркиби ва технологиясини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган композицион материалларни самарадорлиги юк машиналарни эксплуатация қилинадиган корхоналарида баҳолаш ва жорий қилиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида полиамидлар, полиолефинлар, политетрафторэтилен туркумидаги саноат йўли билан чиқариладиган термопластлар асосида олинган композит материаллар олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида термопластлар асосида олинган композит материаллардан буюмлар яшашга тайёрлаш, бирлаштириш ва қайта ишлаш босқичларида таркибий қисмларига энергетик таъсир кўрсатиб, структурани шакллантириш қонуниятларини ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотларни бажаришда ИК-спектроскопия, дифференциал термик анализ (ДТА), атом-куч микроскопия (АСМ), растр-электрон микроскопия (РЭМ), термо-стимул тоқлар (ТСТ) спектроскопияси, материалларнинг деформация-муштаҳкамлик, триботехник, адгезия, реология, теплофизик, ҳимоялаш тавсифларини ўз ичига олган системали таҳлил усулидан фойдаланилган.

Автомобил агрегатлари элементларининг кучланиш-деформация параметрларини баҳолаш учун кўп вазифаларни бажарадиган SolidWorks (Simulation), Pro/Engineer (Pro/Mechanica), Ls-Dyna номли дастурлардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

композит материаллар компонентларининг энергетик параметрларини бошқариш йўли билан оптимал структурасини шакллантирадиган услубий тамойиллари ишлаб чиқилган;

полиамиднинг муштаҳкамлик чегараси ҳамда ейилиш миқдори модификатор концентрациясига ва вақтига функционал боғлиқлиги аниқланган;

политетрафторэтилен заррачалари ва углерод толасини биргаликда фаоллаштириш билан чўзилишдаги муштаҳкамлик 30 мас. %, муштаҳкамлик чегараси $\sigma_p = 26$ МПа ва ейилишга бардошлиликни $1 \cdot 10^{-7}$ мм³/Н·м га оширишни таъминловчи модификацияланган политетрафторэтилен асосидаги композицион материалларнинг таркиби ва уларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

юк автомобиллари тормоз камераси ва цилиндрларининг эксплуатация муддатини 400 минг км.гача ошириш имконини берувчи юк автомобиллари тормоз камераси цилиндри деворига триботехник қоплама сифатида қўлланиладиган алифатик полиамид ПА6, ПА6.6 асосли композит материаллар ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

юк автомобиллари тормоз камераси ва цилиндрларининг эксплуатация муддатини ошириш учун юк автомобиллари тормоз камераси цилиндри деворига триботехник қоплама сифатида қўлланиладиган алифатик полиамид ПА6, ПА6.6 асосли композит материаллари ишлаб чиқилган.

полиамидлар (ПА6, ПА6.6, ПА12), полиэфирлар (ПЭТФ, ПБТФ) ва полиолефинлар (ПП, ПЭВД, ТЭП) туркумидаги бирламчи ва қайта ишланган термопластлар асосида конструкцион, триботехник ва антикоррозия материалларининг таркиблари ва уларни олиш технологиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Экспериментал тадқиқотлар, моделлар, стенд ва натура синовлари натижаларининг ишончлилиги қўлланилган тизимли ёндашув орқали тасдиқланган. Замонавий SolidWorks

(Simulation), Pro/Engineer (Pro/Mechanica), Ls-Dyna дастурий тўпламларни қўллаб юк автомобилларининг тормоз камераларини моделлаштириш ва тезкор синов натижаларини таққослаш орқали асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотнинг илмий аҳамияти чегаравий ва ажратувчи қатламларнинг шаклланиш назариясини ривожлантиришдан иборат. Қопламалар структураси термопластик матрицалар ва металлполимер тизимлар асосидаги композит материалларининг эксплуатацион тавсифларини белгилайди. Бунда технологик жараёнларнинг турли босқичларидаги компонентларнинг энергетик кўрсаткичлари аниқланди.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган термопластлар асосида хизмат тавсифлари кучайтирилган композитларнинг ишлаб чиқилган таркибларида кўринади. Бу таркиблар ресурси кучайтирилган автомобил агрегатларини, йўлқурилиши, нефт-кимё ва газ саноатлари, иссиқлик энергетикаси корхоналидаги технологик жиҳозларининг элементларини ишлаб чиқариш харажатларини камайтириш имконини беради ва пировард натижада, импорт қилинадиган маҳсулотлар оқимини камайтириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юк автомобилларининг агрегатларидаги машинасозлик деталлари учун янги самарадор материал ва уни олиш технологиясини ишлаб чиқиш учун олиб борилган илмий тадқиқотлар бўйича олинган натижалар асосида:

алифатик полиамид (ПА6, ПА6.6) лар асосида ишлаб чиқилган композит материаллар Ўзбекистон Республикаси автомобил йўллари кўмитасининг “Автомобиллар” УК га полиамид ПА 11 (Rilsan) га муқобил тарзда юк автомобиллари тормоз камераси цилиндри деворига триботехник қоплама сифатида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси автомобил йўллари кўмитасининг 11.08.2020 йилдаги 01-58/1-сон маълумотномаси). Натижада юк автомобилларининг эксплуатация ресурси 300 минг км. дан 400 минг км.гача ошган;

ПА6 полиамид асосида олинган композит материални металл ва углерод маҳсулотларининг юқори дисперсли зарралари билан модификацияланган таркиби Ўзбекистон Республикаси автомобил йўллари кўмитасининг “Автомобиллар” УК га полиамид ПА 11 (Rilsan) га муқобил тарзда юк автомобиллари тормоз камераси цилиндри деворига триботехник қоплама сифатида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси автомобил йўллари кўмитасининг 11.08.2020 йилдаги 01-58/1-сон маълумотномаси). Натижада пружинанинг эксплуатация ресурси 1,1-1,3 марта ошган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг асосий қисмлари ва натижалари халқаро миқёсдаги 3 та, Республика миқёсидаги 2 та илмий-техник анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Мавзу бўйича 12 илмий иш эълон қилинди, шу жумладан, 1 ихтиро учун патент (хаммуаллифликда), 1 монография (хаммуаллифликда), Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 3 мақола: жумладан, 2 та Республика ва 1 та хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқоти мавзусининг долзарблиги ва давр талаби асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари таърифланган, тадқиқотнинг объекти ва предмети аниқланган, ЎЗР фан ва технологияларининг ривожланиши устувор йўналишларига мувофиқлиги далилланган; олинган натижаларнинг илмий янгилиги турли саноат тармоқларида кўрсатилган; саноат миқёсида ўтказилган синов натижалари асосида ишлаб чиқилган термопласт материалларни мамлакат корхоналарида кенг жорий қилиш мақсадга мувофиқ эканлиги кўрсатилган; фойдаланилган адабиётларга ва меъёрий–техник ҳужжатларга йўлланмалар берилган, диссертациянинг структураси ва эълон қилинган илмий ишлар ҳақидаги маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **«Термопластлар асосида функционал машинасозлик материалларини олиш муаммосининг замонавий ҳолати»** деб номланган биринчи бобида композитлар структурасини ташкиллашнинг турли поғоналарида оптимал даражага етказиб шакллантиришнинг замонавий услубий ёндашувлари кўриб чиқилган. Бунда матрицалар таркиби, тузилиши, олиш киритиш технологияси турлича бўлган таркибий қисмлар билан модификацияланади. Деформация- мустаҳкамлик, триботехник, теплофизик, адгезия тавсифлари маълум бўлган, автомобил агрегатлари ва технологик жиҳоз элементларининг конструктив хусусиятлари кўриб чиқилган. Полимер композитларнинг маркалар ассортиментини, буюмлар бажариши лозим бўлган вазифаларни ҳисобга олган ҳолда, такомиллаштириш зарурати кўрсатилган. Бу, буюмнинг эксплуатация параметрлари ишончли ва хавфсиз ишлаш талабларига мос келишини таъминлаш учун зарур бўлади.

Илмий адабиётлар, патент ва тижорий манбаларни таҳлил қилиш асосида саноат термопластлари асосида олинган композит материалларни такомиллаштириш йўналишлари кўриб чиқилган. Бу, ишораси ўзгарувчан ва динамик юкламалар, иссиқликдан оксидловчи муҳитлар ва коррозия-механик ейилишлар таъсир этганда буюмнинг турғунлигини ошириш учун зарур бўлади.

Диссертациянинг **«Композит материаллар ва металлполимер тизимларнинг структуравий ва эксплуатация параметрларини таҳлил қилиш усуллари»** деб номланган иккинчи бобида полимер матрицалар ва улар асосидаги композит материалларнинг деформация-мустаҳкамлик, адгезия, триботехник, энергетик параметрларини тадқиқ этиш усуллари жамланган, металлполимер конструкциялар, виртуал стенд синовларини моделлаштириш тамойиллари кўриб чиқилган. Турли буюмларни тайёрлашда, қўшма матрицалар ва композитларни олиш учун дастлабки таркибий қисмлар сифатида материалшунослик ва полимер материаллар технологиясида кенг тарқалган, саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган куйидаги термопластик полимерлар ва олигомерлардан фойдаланилади: алифатик полиамидлар (ПА)-ПА6-210/310 кам

қовушқоқ, ПА6.6-Л (“Завод Химволокно” филиали “Гродно азот” ОАЖ), ПА66/6 Grilon TSS/4, ПА 12 Grilamid L20 (EMS–CHEMIE AG, Швейцария), ПА11 Rilsan (Arkema, Франция), полиолефинлар- полипропилен (ПП), юқори босим полиэтилен (ПЭВД), паст босим полиэтилен (ПЭНД) (“Полимер” ОАЖ), полиэфирлар-полиэтилентерефтлат (ПЭТФ), полибутилентерефтлат (ПБТФ) бирламчи (“Могилевхимволокно” ОАЖ) ва қайта ишланган (“Белваторполимер” ОАЖ), фторли бирикмалар- политетрафторэтилен (ПТФЭ) Ф4 ва Ф4-М (“Галоген” ОАЖ, Россия), фторли олигомерлар “Фелеокс” (Академик С.В.Лебедев номидаги синтетик каучук илмий-тадқиқот институти, Россия), термодинамик синтезлаш маҳсулолари, “Форум” савдо маркаси билан ишлаб чиқарилади (ДВО РАНга қарашли “Кимё институти”, Россия) ва ультрадисперс политерафторэтилен (УПТФЭ) сифатида тақдим этилади. Композитлар ва улардан тайёрланган буюмларнинг структураси ва эксплуатация тавсифлари параметрларини ростлаш учун қуйидаги дисперс зарралардан фойдаланилади: углеродли брикмаларнинг наноўлчамли зарралари коллоид-графитли модда-С-1 (КГП С-1), баллистик порохларни детонацияли синтезлаш шихтаси (УДАГ), углерод наноайчалар (УНТ “Синта” ЁАЖ НП, “А.В.Лыков номидаги иссиқлик ва масса алмашинувлар институти”, Беларусь), ишлаб чиқарувчиларнинг оригинал технологиялари бўйича олинган металл брикмалар (мис формиати). Компонентларни аралаштиришда “Комплекс” фирмасининг икки шнекли экструдери технологиясидан, ТМ серияли Battenfeld куйиш машинасининг материаллар цилиндрида (Wittmann Battenfeld GmbH, Германия) термомеханик аралаштириш усулидан каттиқ тагликка ётқизилган псевдосуёқ қатламдаги дисперс зарраларни чўктириш (ётқизиш) усулидан фойдаланилди. Бунда жиҳозларни ишлаб чиқарган корхоналар томонидан белгилаб қўйилган режимларга риоя қилинди. Компонентларнинг энергетик ҳолати ва дисперслик параметрларини бошқариш учун қуйидаги технологик усуллардан фойдаланилди: механик дисперслаш, механо-кимёвий қўшиш, термик ишловда энергетик оқимларнинг таъсири, ўта юқори частотали нурланиш, криогенли дисперслашнинг оригинал жиҳозларидан, планетар аралаштириш жиҳози АГО-2 дан (СО РАН нинг кимё ва механохимё институти), ўта юқори частотали нурланиш ёрдамида ишлов бериш жиҳозидан (“Гродно механика заводи” ОАЖ, “Белкард” ОАЖ, “Лакокраска” ОАЖ, “Беларусь НАН га қарашли, В.А.Белый номидаги металлполимер тизимлар механикаси институти) фойдаланган ҳолда лазерли нурланиш. Энергетик таъсирлар ва фаоллаштириш режимлари компонентларнинг структура-кимёвий ўлчам параметрлари, қопламалар ёки буюмлар бажарадиган вазифаларга қараб танланади. Аралаш композитлар ва металлполимер тизимларда фазаларни ажратиб турувчи чегарадаги физик-кимёвий жараёнлар замонавий таҳлил усуллари ёдамида тадқиқ этилди: ИҚ-спектроскопия (Tensor–27), рентген дифрактометрияси (Дрон-3.0), дифференциал-термик таҳлил қилиш (ДТА), (Thermoscan–3), атом-куч (АСМ), электрон-растрли (РЭМ) ва оптик (ОМ) микроскопия усуллари, оригинал асбоблар (Mira, Tescan, NT–206, MDS)ни қўллаган ҳолда. Компонентларнинг энергетик ҳолати “Микротестмашины” ОДО жиҳозидан, термостимулланган тоқлар спектроскопияси (ТСТ- таҳлил қилиш) усули билан баҳоланди. Композит

материаллар ва қоламаларнинг деформация-мустаҳкамлик, триботехник, адгезия тавсифлари учун қабул қилинган усуллар билан, Беларусь Республикасида амал қилаётган стандарт ва тавсиялардан ёки ишлаб чиқувчининг меъёрий ҳужжатларидан фойдаланиб, Z010 Zwick, FT-2 ихтисослашган жиҳзода аниқланди. Таркибий қисмлар ва аралашмаларнинг реологик параметрлари ИИРТ-119 асбоби ёрдамида тадқиқ этилди. Металлполимер конструкцияларни моделлаштириш ва уларни тавсифларини таҳлил қилишда автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимлари SolidWorks, Pro/Engineer ва интеграллашган ҳисобий модуллар Simulation ва Pro/Mechanica дан фойдаланилди. Ишлаб чиқилган композит материаллар ва қоламалардан тайёрланган буюмлар “Белкард” ОАЖда, “Белваторполимер” ОАЖда, “Цветлит” УҚда, “Солигорск ресурсларни тежаш муаммолари институти ва тажриба корхонаси” ЁАЖда стенд ва саноат синовларидан ўтди. Экспериментал маълумотларга Windows 10 (Microsoft Office 2019, CorelDraw 2019, Adobe Photoshop CS6) дастурлар тўплами ёрдамида ишлов берилди.

Диссертациянинг «**Материалшуносликнинг энергетик омили ва полимер композитлар ва металлполимер тизимларнинг технологиясини тадқиқ этиш**» деб номланган учинчи боби полимер матрицалар асосидаги тизимларни шакллантириш жараёнларида энергетик омилнинг механизмлари ўрганилди. Тадқиқотларни ўтказиш учун саноатда ишлаб чиқариладиган, қалинлиги 120 мкм дан 200 мкм гача бўлган плёнка яриммаҳсулотларидан фойдаландик. Улар паст босимли полиэтилен (ПЭНД)ни, юқори босимли полиэтилен (ПЭНД)ни юпқа тирқишли каллақдан экструзиялаб ўтказиш усули билан олинган. Модификаторларнинг дисперс зарралари: тупроқ, силикатлар, каллоид-графит препарат КГПС-1 ва шу кабиларнинг зарралари полимер материалшуносликдан кенг қўлланади. Полимер материаллардан тайёрланган намуналарни модификациялаш учун “Квант-15” лазер ускунасидан фойдаланилади; у ишлаб чиқарадиган лазер нурунинг тўлқин узунлиги $\lambda_0 = 1,06$ мкм, импульс давомийлиги $2 \cdot 10^{-3}$ с. Шунингдек ГОР-100М ускунаси ҳам ишлатилди; унинг лазер нури $\lambda_0 = 0,69$ мкм, эркин генерациялаш импульсининг давомийлиги $1,2 \cdot 10^{-3}$ с. Ишлов беришда импульслар сони 1дан 10гача ўзгартирилди “Квант-15”да импульснинг такрорланиш частотаси 1 Гц дан 25 Гц гача ўзгартирилди. Плёнка намуналар учун таглик сифатида диффузияланиб тарқаладиган материалдан ҳам, графит қолама берилган материаллар ишлатилди. Бир импульс нурланиш энергияси 0,6-6,0 Дж оралиғида, нур дастасининг диаметри 4-10 мм оралиғида ўзгартирилди.

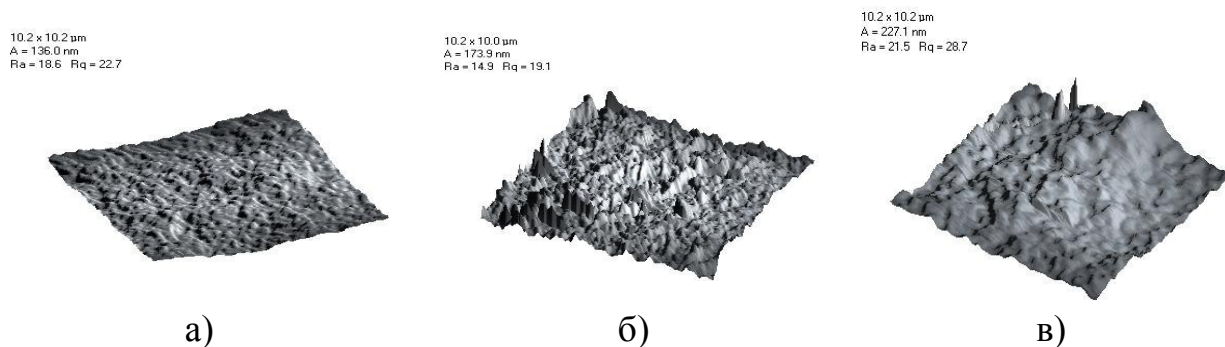
Полимер материал намунасининг энергетик ҳолатини баҳолаш учун мезон сифатида намунада юзага келадиган термостимулланган ток (ТСТ) нинг қийматидан фойдаланилди. Бундай ток намунани қиздирганда ҳосил бўлади ва ташқи омиллар, хусусан, лазер нури ва ҳарорат таъсирида ўзгаради.

Термопластик матрицалар асосидаги композит материалларнинг деформация-мустаҳкамлик параметрларига таркибнинг индивидуал хусусиятлари, ишлатилган тўлдирувчилар ва модификаторларнинг структураси ва уларнинг лазер нурлари (ЛН) таъсирида ўзгаришлар жиддий таъсир

кўрсатади. ЛНнинг параметрларга мажмуавий таъсири структуранинг молекуляр ва устмолекуляр ўзгаришларида намоён бўлади.

Полимер субстратларнинг сирт қатламлари морфлогияси енгилмайдиган ЛН билан таъсир этиб тадқиқ этилди.

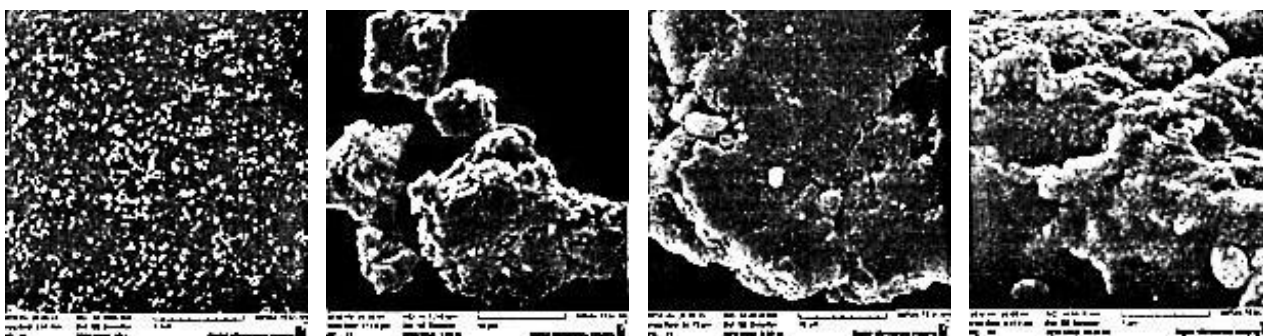
ГОР-100М лазер энергияси билан эркин генерация импульси $0,6 \div 30$ Дж бўлган энергия билан нурлантирилганда $1 \div 100$ нм ўлчамли нано таркибий қисмлар турлича рельефли сирт қатламлар ҳосил қилади (1-расм). Бундай ҳолат, эҳтимол, импульсли ЛН полимер намунага таъсир этганда акустик тўлқинлар таъсирида материал қайтадан кристалланиш жараёни билан боғлиқдир.



1-расм. Юқори босимли полиэтилендан тайёрланган плёнка намуна юзасининг ўзига ҳос морфологияси:

а)-дастлабки; *б)*-ГОР-100М билан бир мартта ЛН берилгандан кейин (эркин генерация импульси энергияси 30 Дж); *в)* импульс энергияси 2 Дж

Юқори энергетик ускуна АГО-2 ёрдамида турли таркибга ва тузилмага эга бўлган зарралар механик фаоллаштирилганда ўлчами 1 нм атрофида бўлган кўплаб майда фрагментлар ҳосил бўлади. Улар кластерли структура ҳосил қилади. Кремний ва кремний оксиднинг шундай зарралари кўринишлари 2-расмда берилган.

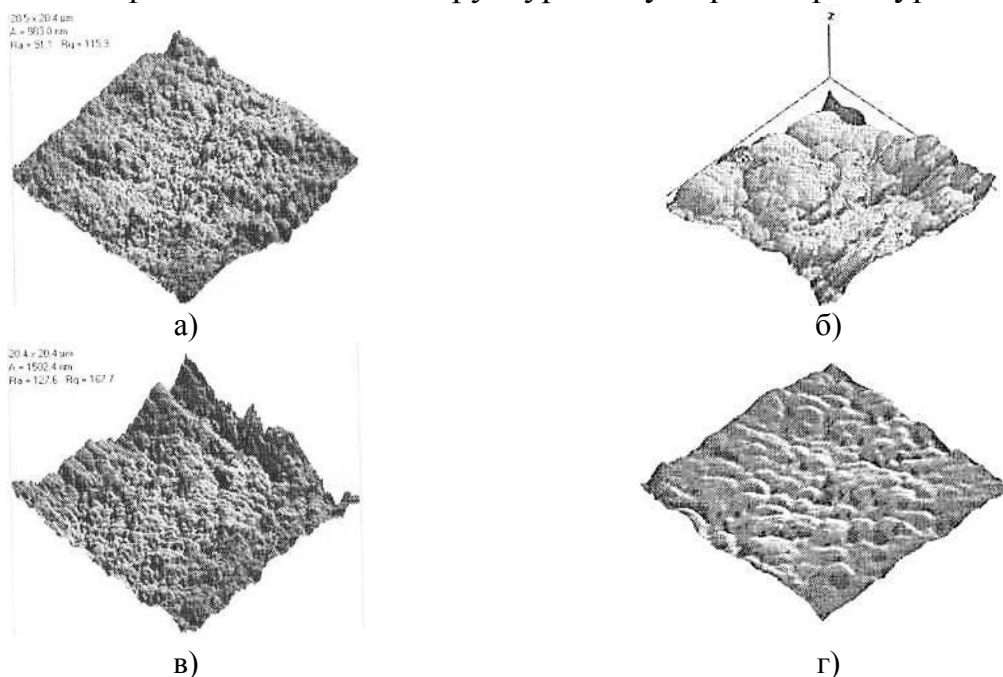


2-расм. Кремний оксиднинг механик фаоллаштирилган ультрадисперс зарралари морфологияси (сканерловчи электрон микроскопия усули билан турлича катталаштирилган)

Ярим маҳсулотларга $373 \div 1073$ К ораликдаги ҳароратлар билан термик таъсир кўрсатганда ҳам дисперс зарраларнинг морфологияси ўзгаради (3-расм),

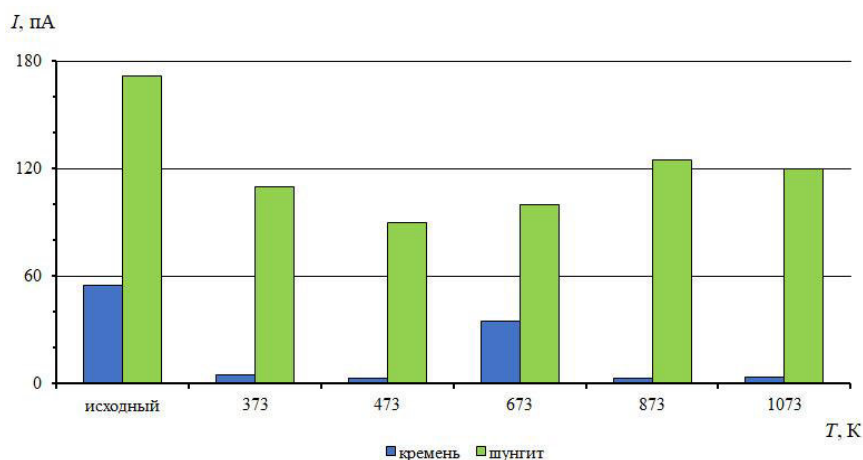
натижада полимер матрицаларнинг бу модификацияларининг энергетик ҳолати ўзгаради (4-расм)

Наноўлчамли дисперс компонентларнинг тузилиши ва таркиби атроподаги технологик ёки матрицали муҳит билан реакцияда юқори фаоллик намоён қилишини кутиш мумкин. Фаоллик кислород хемосорбцияланиб оксид бирикмалар ҳосил қилишида, газсимон ва суюқ фазали субстанциялардан катта геометрик ўлчамли, кутилган структуралар (жумладан, олигомер ва полимер) шаклланишида дастлабки нанозарраларнинг кластер агрегатлар шаклланишига олиб келадиган физик-кимёвий ва структуравий ўзгаришларда кўринади.



Модификаторнинг зарралари дастлабки пайтда (а,в) ва 400 °С да термик ишлов берилгандан сўнг (в,г).

3-расм. Таркибида углерод бор тўлдирувчи-шунгитнинг (а,в) ва кремний бор табиий кремнийнинг (б,г) хос морфологияси

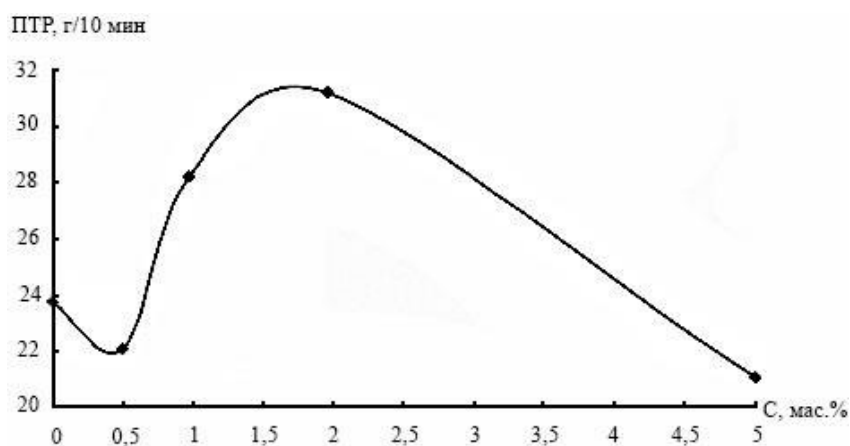


4-расм. Термостимулланган токнинг максимал қиймати I_{max} нинг шунгит ва кремнийнинг дисперс зарраларига термик ишлов бериш ҳароратига боғлиқлиги

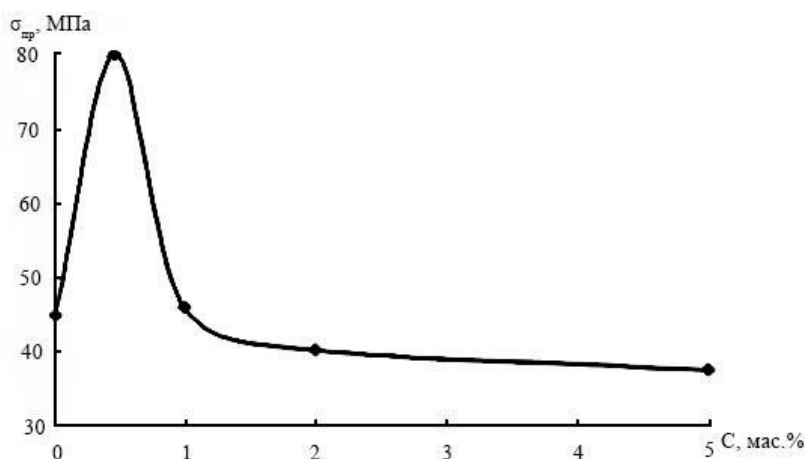
Таркиби турлича бўлган дисперс модификаторларни тадқиқ этишдан маълум бўлишича, уларнинг фаоллиги ва уларни олиш технологияси ҳам турлича фаолликка эга бўлиб, турли ҳароратларда токнинг ўзгариш жадаллиги билан баҳоланади. Шу сабабдан, муайян мақсад учун модификатор танлашда фаолликнинг ҳарорат диапазонини ҳисобга олиш зарур бўлади.

Диссертациянинг «**Юк автомобиллари конструкциясида қўллаш учун композит материалларнинг таркибларини ишлаб чиқиш ва деформация-мустаҳкамлик, ейилишга бардошлилик, триботехник, коррозияга чидамлилик хусусиятларини тадқиқ этиш**» деб номланган тўртинчи бобда композит материалларнинг турли таркиблари ишлаб чиқилди ва уларнинг хусусиятлари чуқур ўрганилди, бундай материаллардан юк автомобилнинг тормоз камераси деталларини тайёрлашнинг иқтисодий самараси ҳисобланади. ПА 6 + силикат полиамидини механик фаоллаштириш жараёнларини ўрганишдан маълум бўлишича, компонентларнинг бир-бирига боғланиши силикатнинг масса бўйича фоиз миқдорига боғлиқ экан. Аралашмада полимер миқдори ≤ 30 мас. % бўлганда таркибий қисмлар механик-кимёвий ўзаро таъсирга киришиб, силикатнинг заряд марказлари полимернинг шундай марказлари билан таъсир этишади, натижада полимернинг реологик ва мустаҳкамлик тавсифларини ўзгартиради. Берилган босим ва ҳароратда термопласт суюқланмасининг стандарт капиллярлардан оқиб ўтиш тезлиги реологик тавсифларни кўрсатади. Базавий ПА 6 механик фаоллаштирилган зарралар билан модификацияланганда қовушқоқлик қиймати ўзгаради. (5-расм). Расмдаги графикдан кўринишича композит материал суюқланмасининг оқувчанлик кўрсаткичи, механик фаоллаштирилган модификаторнинг концентрацияси 0,5 мас. % дан ортганда яхшиланади, яъни қовушқоқлиги кўпаяди. Бу ҳолатни композитнинг структурасида беқарор физик боғланишлар шаклланиши билан изоҳлаш мумкин. Полиамид 6-каолинитнинг механик фаоллаштирилган зарралари полиамид 6 нинг актив марказлари билан адсорбцияли ўзаро таъсирга киришганда шаклланадиган туркумларнинг ҳажмий тўри ишқаланиш ва механик емирилиш жараёнларида полимер матрицанинг сирт қатламлари майда тирналишига ва пластик деформацияланишига йўл қўйилмайди. Бу тахмин ишлаб чиқилган композитни чўзиб синаганда – мустаҳкамлик тавсифлари тадқиқ этилганда ўз тасдиғини топди. (6-расм). Модификаторнинг концентрацияси 0,5 мас. % атрофида бўлганда мустаҳкамлик 80МПа гача ошиши кузатилди. Концентрациянинг янада кўтарилиши мустаҳкамликни камайтиради. Буни полиамид матрицанинг ҳажмида зарядли пластерларнинг ўзаро таъсири ва механик фаоллаштирилган зарралар йирик агломерат ҳосил қилиши ва когезияли мустаҳкамлик пасайиши билан изоҳлаш мумкин.

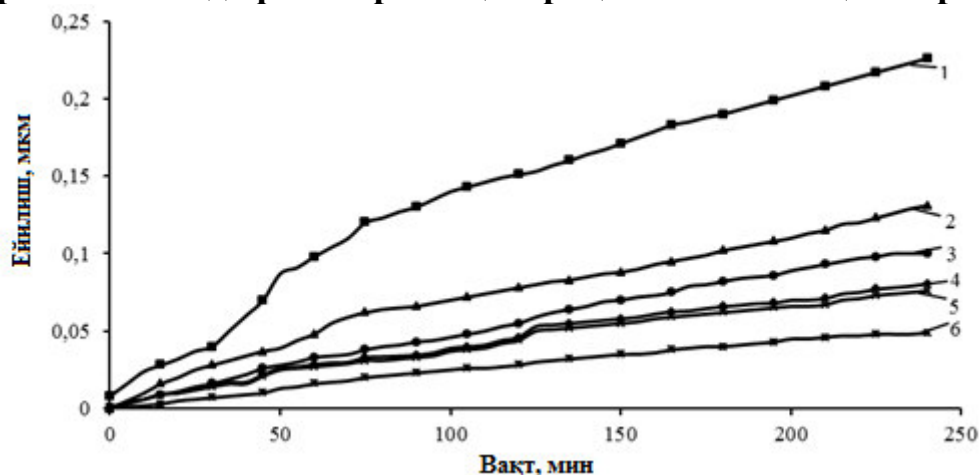
Тадқиқотлар кўрсатишича, ПЭТФ асосидаги композитларнинг қаттиқлиги ва эриш ҳарорати ПА 6 никига қараганда юқори, шу сабабдан 5-эгри чизик (7-расм) 2-эгри чизикдан қуйи жойлашган. Тальк моддасини киритганда ейилиш миқдори кўпайди, бу, кўриниб турибдики полимернинг кристаллик даражаси пасайиши билан боғлиқ. Таркибида 10% слюда бўлган композитнинг ишқаланишга қарши тавсифлари энг яхши бўлиб чиқди.



5-расм. Полиамид 6-каолинитнинг механик фаоллаштирилган зарралари билан модификацияланган полиамид 6 суюқланмаси оқувчанлик кўрсаткичининг модификатор концентрациясига боғлиқлик графиги



6-расм. Полиамид 6-каолинитнинг механик фаоллаштирилган зарралари билан модификацияланган полиамид 6 ни чўзгандаги мустаҳкамлик чегарасининг модификатор концентрациясига боғлиқлик графиги



1 – ПЭТФ+талък (90:10); 2 – ПЭТФ+ПА 6 (90:10); 3 – ПБТФ; 4 – ПБТФ+СВ (70:30); 5 – ПЭТФ; 6 – ПЭТФ+слюда (90:10)

7-расм. ПЭТФ асосидаги аралишма композитлар ейилиш қийматининг “бармоқ-диск” схемаси бўйича синаш вақтига боғлиқлик графикалари ($p = 2,8$ МПа, $V = 1,1$ м/с)

Бажарилган тадқиқотлар натижасида ПА 6 +10 мас. % ПЭТФ ва ПЭТФ +10 мас. % ПА 6 қўшма матриқаси асосидаги композит материалларнинг таркиблари ишлаб чиқилди. Бу матрицага слюданинг дисперс зарралари 5-20 мас. % миқдорида киритилганда триботехник ва адгезия тавсифлари синергетик (таъсирлар йиғиндиси) тарзда ошади, деформация- мустаҳкамлик параметрлари юқори қийматлари ($\sigma_p \geq 62-65$ МПа мезони бўйича) эса, сақланиб қолади. Қўшма матрицалар асосидаги композитларга 10 мас. % миқдорида слюда қўшилганда ва 10 соат давомида узлуксиз ишлатилганда, ейилиш жадаллиги 0,4 мм ва 0,2 мм бўлади (ПА 6 + 10 мас. % ПЭТФ ва ПЭТФ + 10 мас. % ПА 6 матрицаларда, тегишлича). Бунда қуруқ ишқаланиш коэффиценти 0,28-0,30 оралиғида бўлади; дастлабки матрицаларда бу кўрсаткич 0,38 ва 0,65 бўлган эди.

1-жадвал

Алифатик полиамидлар аралашмалари асосидаги композит материалларнинг деформация-мустаҳкамлик параметрлари (букиб синаганда)

Композит материал таркиби, мас. %	Параметрлар				
	E_f , МПа	σ_{fm} , МПа	ε_{fm} , %	σ_m , МПа	ε_m , %
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+КГП С1(0,5%)	2984,7	114,7	6,7	78,84	3,9
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+УНТ(0,5%)	2797,8	109,7	6,1	54,19	2,1
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+шихта(0,5%)	2850,5	115,1	6,8	77,80	3,8

Тадқиқотлар натижалари (1- ва 2-жадваллар) алифатик полиамидлар асосидаги аралашма композитларга киритилган юқори дисперс зарраларнинг самарали бўлишидан дарак беради. Углеродли модификаторларнинг модификацияловчи таъсир механизми композитнинг ўтиш қатламида адсорбцияли боғланишлар юзага келишидан бўлиши эҳтимол.

Шундай қилиб, полиамид 6 таркибига ПА11 ни киритиш қопламаларнинг ейилишига ва намликка чидамлилигини оширади.

Аралашмали композитларга юқори дисперсли, углеродли брикмалар – коллоид графит С-1, УНТ, УДАГ, баллистик порохларнинг детонацияли синтези шихтасидан 0,5 мас. % миқдорда киритганда эксплуатация тавсифлар янада яхшиланади. ПА 6 : ПА 11=50 : 50 бўлганда композитнинг ейилишга бардошлиги 1,5-2,0 марта ошади, айти пайтда ишқаланиш коэффиценти 0,05-0,15 гача камаяди (8-расм)

Алифатик полиамид аралашмалари асосидаги композитлардан ишлаб чиқилган қоплама таркиблари триботехник, ҳимоя ва адгезия параметрларини қулай жамлайди, шунинг учун ҳам юк автоиобиллари кардан валларидаги цлицали бирикмалар, токарлик станокларининг ишқаланувчи қисмлари, тормоз камералари пружиналарида қўлланилади.

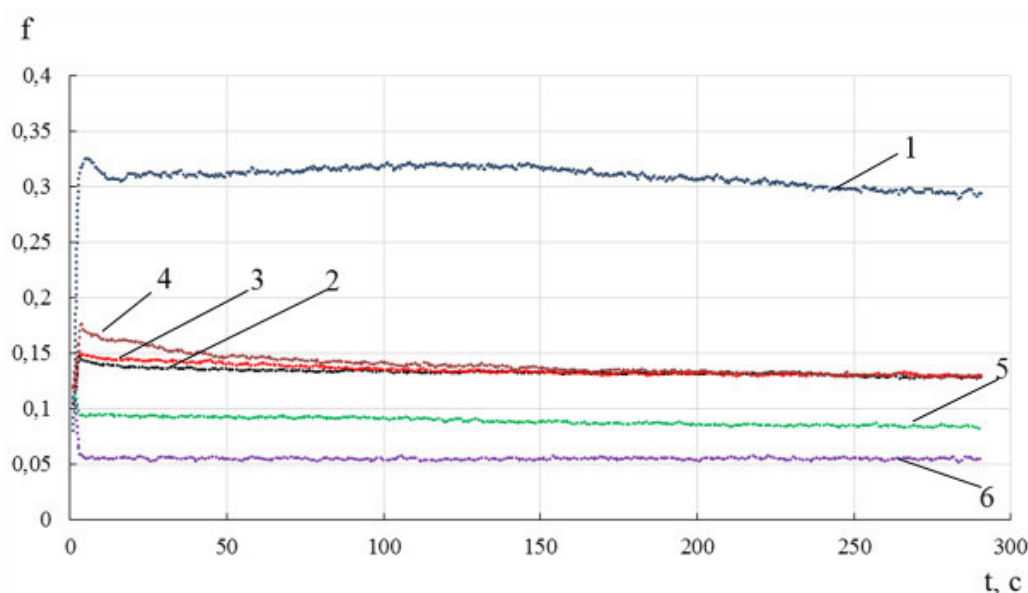
Тормоз камераси пружинасининг кучланиш-деформация ҳолатини моделлаштириш натижасида кучланишлар максимал бўладиган кесимлар аниқланди. Бундай кесимлар детални тайёрлаш, ўрнатиш ва ишлатишда геометрик параметрларнинг бузилишидан пайдо бўлади. Полимер қоплама

пружина сиртига псевдосуяқ қатламни ўтказиш ёки суспензияни пуркаш технологиялари билан берилади. Унинг комплекс таъсири аниқланди.

2-жадвал

Алифатик полиамидлар аралашмалари асосидаги композит материалларнинг деформация-мустваҳкамлик параметрлари (чўзиб синаганда)

Композит материал таркиби, мас. %	Параметрлар						
	σ_y , МПа	ϵ_y , %	σ_m , МПа	ϵ_m , %	σ_b , МПа	ϵ_b , %	ϵ_{fb} , %
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+КГП С1(0,5%)	79,0	4,0	78,84	3,9	76,0	3,8	6,3
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+УНТ(0,5%)	–	–	54,19	2,1	54,2	2,1	–
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+шихта(0,5%)	78,9	4,0	77,78	3,8	74,1	3,7	12

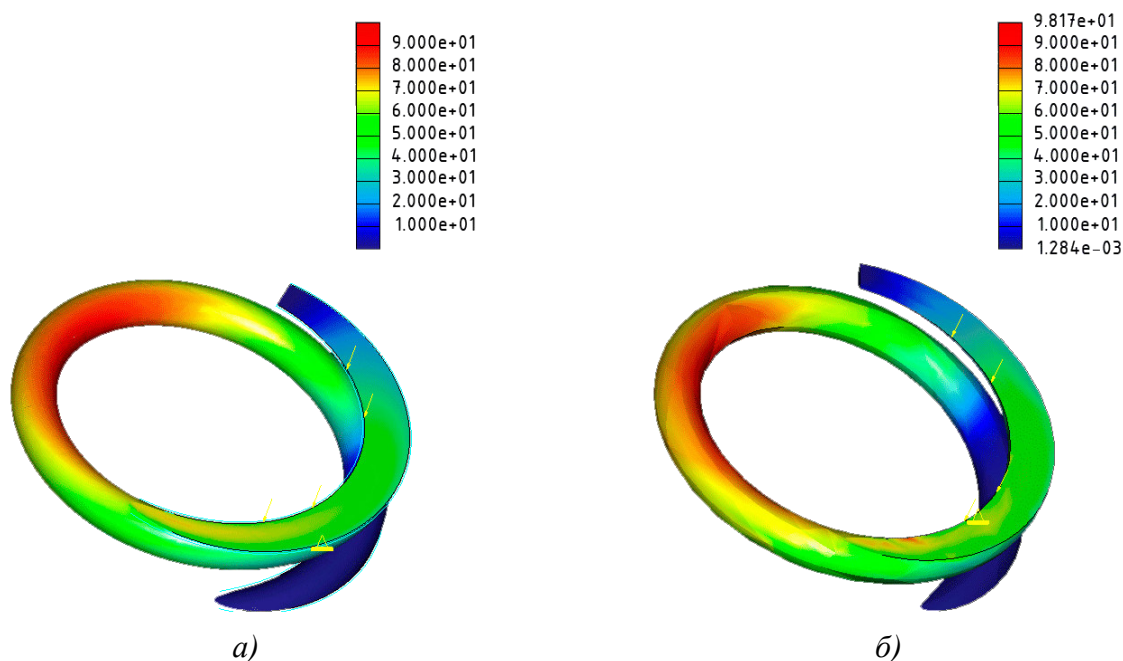


1 – ПА 6; 2 – ПА 11; 3 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,1 мас. % КГП С-1;
 4 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,5 мас. % КГП С-1; 5 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,1 мас. % УНТ;
 6 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,5 мас. % УНТ

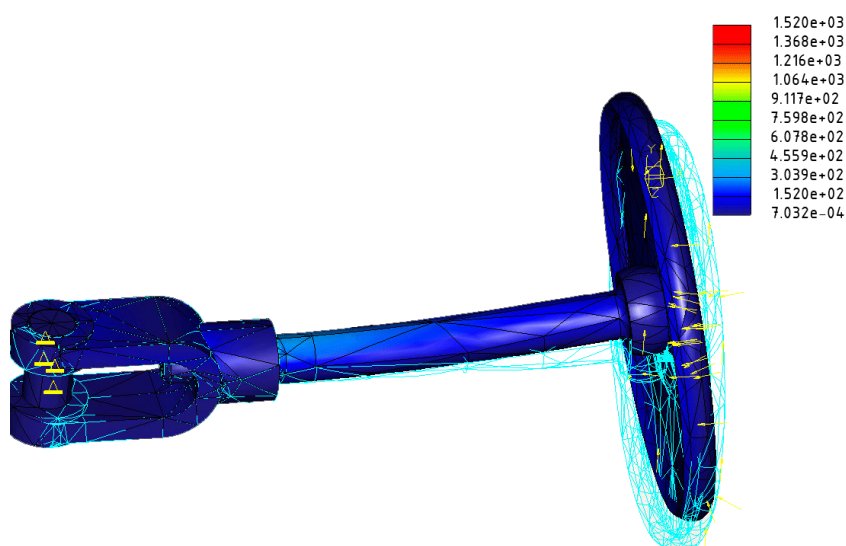
8-расм. Алифатик полиамидлар асосидаги композит материаллардан тайёрланган қопламалар учун ишқаланиш коэффициентини (f) нинг синов давомийлиги (t, сек) га боғлиқлик графиклари

Термопластик полимерлар (СЭВА, ПА 6)дан берилган қоплама пружина ўрамлари сиртида бўладиган кучланишларни яхши тарқатади, натижада максимал кучланиш 98 МПа дан 90 МПа га камаяди (9-расм), кўпцикли юкламалар таъсирига бардошлилик кўпаяди.

Дискли штокнинг кучланиш-деформация ҳолатини моделлаштириш (10-расм) амалдаги кучланишлар қийматини ва максимал юкламали кесимларни аниқлаш имконини беради.



9-расм. Тормоз камераси пружинаси ўрамларининг кучланиш-деформация ҳолати. а) – қопламали; б) – қопламасиз



10-расм. Тормоз камераси диски ва штокининг модели

Битта детал (элемент) учун турли ўлчамларга эга бўлган конструкциялар моделларини ишлаб чиқиб, тадқиқ этиш натижасида, уларни тайёрлаш учун полиамид термопластлардан фойдаланиш имкониятлари топилди. Шундай йўл билан тормоз камерасининг талаб этилган эксплуатация параметрлари аниқланди, коррозияга чидамлик, тайёрлаш ва йиғишда технологиялилик таъминланиши натижасида конструкциянинг ресурси оширилди. Шток ва дискни моделлаштиришда шундай йўл тугилгани сабабли оптимал конструкциявий ечим топилди.

ХУЛОСА

1. Саноат термопластлари асосидаги композит материалларни шакллантиришнинг энергетик омили ва улардан турли функционал

мўлжалланишли буюмлар тайёрлаш масалалари тизимли таҳлил қилинди. Улар физик-кимёвий ёки структуравий жараёни (деформация-мустаҳкамлик, адгезия ва триботехник тавсифларни белгилайди) фаоллаштириш энергиясининг қиймати билан боғланиши кераклиги аниқланди. Бу компонентларнинг энергетик параметрларини бошқариш йўли билан оптимал структура ҳосил қилишнинг услубий тамойилларини аниқлаш учун хизмат қилади.

2. Саноат полиамидлари, полиолефинлари, политетрафтор-этиленлари асосида тавсифлари юқори бўлган композит материалларни тайёрлаш технологиялари ишлаб чиқилди. Бу термомеханик бирлаштириш, механо-кимёвий фаоллаштириш, лазерли нур билан таъсир ўтказиш ва термолиз усуллар қўлланиши учун хизмат қилади.

3. Юқори эксплуатацион ресурсга эга юк автомобилларининг агрегатлари элементларини ишлаб чиқиш учун, таркибида юқори фаол дисперс заррачалар (КГП С-1, УДАГ, тупроқ, мис ва оксидлар) ва полимер компонентлари бўлган, бирламчи ва регенерация қилинган термопластлар асосида полиамид ва полиолефинлар синфига тегишли, конструкцион, триботехник ва химояловчи материаллар таркиби ва уларни олиш технологияси ишлаб чиқилган. Бу агрегат элементларини аниқлаш учун хизмат қилади.

4. Экспериментал йўл билан термопластлар асосидаги композит материалларнинг структураси шаклланишига оид механизмлар аниқланди. Бу ушбу композитларнинг структурасининг шаклланишини башоратлаш имконини беради.

5. Юк автомобиллари тормоз камерасининг пружинаси ва диск билан штокнинг кучланиш-деформация ҳолатини математик моделлаштириш услуби ишлаб чиқилди. Ушбу деталларга композит материалдан қоплама бермасдан ва берилган вариантларга тегишли максимал кучланишларнинг тақсимланиш қонуниятлари аниқланди. Бу қоплама берилган пружинанинг ўрамидаги хавфли кесимнинг максимал кучланишини 98 МПа дан 90 МПа га камайтириш имконини берди.

6. Полиамиднинг мустаҳкамлик чегараси ва ейилиш қиймати модификатор концентрациясига ва вақтга қандай боғлиқлигини кўрсатувчи графиклар қурилди. ПА 6, ПА 6.6 алифатик полиамидлар асосида ишлаб чиқилган композит материаллар қоплама сифатида тормоз камерасининг цилиндри деворига ётказилганда бу агрегатнинг ресурси 400 минг км йўлга етди. ПА 6 полиамиди асосидаги коррозияга қарши ишлайдиган қоплама материал металл ва углероднинг юқори дисперс зарралари билан модификация қилинганда, тормоз камераси пружинасининг ресурси 1,3 марта ошириш имконини берди.

7. Тадқиқотлар натижаси Ўзбекистон Республикаси автомобил йўллари қўмитасига қарашли “Автомагистрал” унитар корхоналарида жорий қилинди ва юк автомобиллари тормоз камераси деталларининг ресурси ортиши, таъмир ва тиклаш ишлари учун материаллар сарфи камайиши ҳисобига, йилига 88 млн. сўмлик иқтисодий самара берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.T.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИКРОМОВ АКМАЛЖОН ГОФУРЖОНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

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

**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 В2020.4.PhD/T356.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.
Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб – странице (www.tdtu.uz) и информационно – образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: Рискулов Алимжон Ахмаджанович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Абдуллаев Фатхулла Садуллаевич
доктор технических наук, профессор

Жумабоев Алижон Бакишевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Андижанский машиностроительный институт.

Защита диссертации состоит «6» август 2021 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04. Ташкентского государственного технического университета (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2.Тел./факс: (99871) 227- 10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №215) (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2.Тел./факс: (99871)227-10-32)

Автореферат диссертации разослан «24» июля 2021 года
(реестр протокола рассылки №124 от «24» июля 2021года)



К.А. Каримов

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

Ш.Б. Ташбулатов

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии по техническим наукам, (PhD)

Ф.С. Абдуллаев

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

ВВЕДЕНИЕ (автореферат диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в масштабах мира машиностроение является отраслью, которая определяет устойчивое социально-экономическое развитие стран, где для получения антикоррозионных и триботехнических покрытий для конструктивных элементов карданных валов и тормозных элементов транспортных средств, также в марочном ассортименте функциональных машиностроительных композитов разработка материалов на основе термопластических матриц, которые содержат наполнителей и модификаторов с размером не более 100 нм различной структуры, различного состава и различной дисперсности является одним из важнейших задач, стоящей перед отраслью. В частности, задача повышения эксплуатационного срока машиностроительных деталей агрегатов грузовых автомобилей на основе разработанных композитных материалов на основе алифатических полиамидов (ПА6, ПА6.6), путем покрытия деталей триботехническими покрытиями приобретает все большее значение.

В мире ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на синтезирование материалов на основе полимерных матриц, разработку технологий их изготовления и переработки, также на изучение энергетических аспектов физикохимических и трибохимических процессов при эксплуатации металлополимерных систем, на повышение жесткости матриц. Вместе с тем, практический опыт применения композитов на термопластичных матрицах класса полиамидов, фторопластов, полиэфиров и др. промышленных полимеров свидетельствует о неполной реализации потенциальных возможностей, заложенных в их структуру. Достижение оптимальных параметров при эксплуатации статичных и динамичных (триботехнических) металлополимерных систем, использование ресурсосберегающих технологий в полимерном материаловедении также является одним из актуальных задач.

В республике проводятся широкомасштабные работы по структурной адаптации изделий, изготовленных из полимерных материалов на влияние эксплуатационных параметров металлополимерных трибосистем и разработке технологий их производства, и в этом плане достигнуты определенные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годы, в частности, отмечена необходимость “освоения принципиально новых видов продукции и технологий...”². При реализации этих задач, в частности, создание новых эффективных материалов для машиностроительных деталей агрегатов грузовых автомобилей и разработка технологий их получения имеет важное значение.

Настоящее диссертационное исследование в определенной мере служит для реализации задач, определённых в указе Президента Республики Узбекистан № УП-4749 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О Программе мероприятий по

²Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года ПФ№4947 “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годы”.

дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017–2021 годы», также в других нормативно-правовых актах данной области.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследования выполнены в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II «Энергетика, энергосбережение, машиностроение и ресурсосбережение», VII «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Энергетические аспекты физико-химических и трибохимических процессов при создании функциональных материалов на основе полимерных матриц, разработке технологии их изготовления и переработки, а также эксплуатации металлополимерных систем различного назначения с их использованием рассмотрены в исследованиях К. Е. Drexler, С. Р. Pool, F. J. Owens, Eds. A. S. Edelstein, R. C. Caminarata, P. M. Ajayan, L. S. Schadler, A. V. Braun, M. A. Strocio, M. Dutta, И. П. Суздалева, А. И. Гусева, Ю. Д. Третьякова, Р. А. Андриевского, А. А. Охлопковой, В. М. Бузника и других.

В работах сотрудников учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Республика Беларусь) профессора Лиопо В. А., профессора Струка В. А., доцента Антонова А. С., доцента Авдейчика С. В. установлена корреляционная связь энергетических и различных параметров материальных частиц, в том числе наноразмерных.

Исследованиями специалистов государственного научного учреждения «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси» профессора Пинчука Л. С., профессора Гольдаде В. А. разработана методология использования электретного состояния полимеров в различных практических приложениях. В области функционального полимерного материаловедения для конструкций машин, механизмов и технологического оборудования значительные достижения получены научными школами В. В. Коршака, В. Н. Кулезнёва, Дж. Джонсона, Л. Сперлинга, Ю. С. Липатова, В. А. Белого, Ю. К. Машкова, Р. Cadman, J. K. Lancaster, К. Такака, А. А. Охлопковой и др.

Учёными Республики Узбекистан академиками С. Ш. Рашидовой, С. С. Негматовым, профессорами Р. Н. Ашуровым, А. А. Рискуловым, Х. Э. Юнусовым, У. А. Зиямухамедовой разработана методология структурной адаптации изделий из полимерных материалов к воздействию эксплуатационных параметров металлополимерных трибосистем.

Анализ литературных источников показывает необходимость проведения системных исследований энергетического фактора на всех стадиях процесса получения и переработки композиционных полимерных материалов в изделия и при эксплуатации металлополимерных систем различного конструктивного исполнения. В связи с этим для промышленного производства функциональных элементов, получаемых на основе термопластов и для повышения параметров их эксплуатационных, технологических и экономических характеристик возникает необходимость проведения исследований по выбору металлополимерных

конструкций, используемых в машиностроении, в химической и горной промышленности, в строительной индустрии и на дорожном строительстве; по разработке составов композиционных материалов на основе полиамида 6, содержащих механически активированного неорганического модификатора – каолинита и технологии их получения; составов коапозиционных материалов, получаемых на основе термомеханического совмещения расплавов полиамидов и полиэфиров и технологии их получения; составов композиционных материалов, получаемых на основе термомеханического совмещения полиамидов и технологии их получения; составов композиционных материалов, получаемых на основе политетрафторэтилена, модифицированного с механически активированным углеродным волокном.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения. Диссертационная работа выполнена в рамках программы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с Меморандумом международного сотрудничества между Ташкентским институтом по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог и учреждением образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Республика Беларусь) № 08/16 от 15 марта 2016 года, а также в рамках плана научно-исследовательских работ ИТД-12-59 «Разработка состава и технологии наноструктурированных конструкционных и триботехнических материалов на основе полимеров и природных модификаторов» (2012–2015 гг.), КА-12-004 «Создание наноструктурных металлополимерных материалов для машиностроения» (2015–2017 гг.) и Т19УЗБГ-003 «Нанокпозиционные материалы для технологического оборудования и функциональных элементов транспортных коммуникаций» от 21.06.2019 г. (2019–2021 гг.).

Целью исследования является разработка новых эффективных материалов для машиностроительных деталей агрегатов грузовых автомобилей с повышенными эксплуатационными параметрами и технологии их получения.

Задачи исследования:

осуществить системный анализ энергетического фактора формирования структуры функциональных композиционных материалов на основе полимерных, олигомерных и смесевых матриц на различных уровнях организации с учётом функционального назначения металлополимерных систем;

разработать методологические принципы оптимизации структурных параметров композитов на основе термопластичных матриц при энергетических воздействиях на компоненты на стадиях их получения и переработки;

разработать составы и технологию функциональных композиционных материалов на основе термопластов промышленного производства для автомобильных агрегатов повышенного ресурса;

осуществить проверку эффективности и внедрение разработанных композиционных материалов на предприятиях эксплуатации грузовых автомобилей.

Объектом исследования. В качестве объектов исследования выбраны композиционные материалы на основе термопластов промышленного производства класса полиамидов, полиолефинов, политетрафторэтилена.

Предметом исследования являются закономерности формирования структурных композиционных материалов на основе термопластов при энергетическом воздействии на компоненты на стадиях подготовки, совмещения и переработки в изделия.

Методы исследований. Для проведения исследований использован метод системного анализа, включающий методы ИК-спектроскопии, дифференциально-термического анализа (ДТА), атомной силовой микроскопии (АСМ), растровой электронной микроскопии (РЭМ), спектроскопии термостимулированных токов (ТСТ), методы стандартных испытаний образцов материалов для оценки параметров деформационно-прочностных, триботехнических, адгезионных, реологических, теплофизических, защитных характеристик с использованием соответствующего оборудования.

Для оценки параметров напряжённо-деформированного состояния элементов автомобильных агрегатов использовали многофункциональные программные продукты SolidWorks (Simulation), Pro/Engineer (Pro/Mechanica), Ls-Dyna.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

разработаны методологические принципы формирования оптимальной структуры композиционных материалов путем управления энергетическими параметрами их компонентов;

установлена функциональная зависимость предела прочности и величины износа полиамида от концентрации модификатора и времени;

разработан состав композиционных материалов, получаемый на основе модифицированного политетрафторэтилена путем совместного активирования частиц политетрафторэтилена и углеродного волокна, которые при содержании 30 мас % обеспечивают повышение предела прочности до $\sigma_p=26$ МПа и износостойкости до $1 \cdot 10^{-7}$ мм³ Н·м, также разработана технология их получения;

разработаны композитные материалы, получаемые на основе алифатических полиамидов ПА6, ПА6.6, в результате их применения в качестве триботехнического покрытия для стенок цилиндра тормозной камеры автомобиля появляется возможность повышения срока эксплуатации тормозных камер и цилиндров до 400 тыс км.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

разработаны композитные материалы, получаемые на основе алифатических полиамидов ПА6, ПА6.6, для применения в качестве триботехнического покрытия на стенках цилиндра тормозной камеры автомобиля с целью повышения срока эксплуатации тормозной камеры и цилиндров грузовых автомобилей;

разработаны составы конструкционных триботехнических и антикоррозионных материалов на основе первичных и регенированных термопластов класса полиамидов (ПА 6, ПА 6.6, ПА 12), полиэфиров (ПЭТФ, ПБТФ) и полиолефинов (ПП, ПЭВД, ПЭНД, ТЭП) и технологии их получения.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов экспериментальных исследований, модельных, стендовых и натурных испытаний подтверждается системным подходом, включающим современные методы физико-химического анализа структуры композитов, методики моделирования и ускоренных испытаний элементов тормозных камер и карданных валов с применением программных продуктов SolidWorks (Simulation), Pro/Engineer (Pro/Mechanica), Ls-Dyna современных версий, сравнительный анализ полученных данных и литературных источников по теме диссертации.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов диссертационного исследования состоит в развитии теории формирования граничных и разделительных слоёв, структура которых определяет параметры служебных характеристик композиционных материалов на основе термопластичных матриц и металлополимерных систем на их основе путём целевого регулирования энергетических параметров компонентов на различных стадиях технологического процесса изготовления и переработки.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке отечественных составов функциональных композитов с повышенными параметрами характеристик на базе промышленно выпускаемых термопластов, что позволило в полной мере использовать их потенциал для снижения затрат на производство изделий для автомобильных агрегатов повышенного ресурса, элементов технологического оборудования, используемого на предприятиях дорожного строительства, нефтехимической и газовой промышленности, теплоэнергетики как альтернативу импортным аналогам.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов научных исследований по разработке нового эффективного материала для машиностроительных деталей агрегатов грузовых автомобилей и технологии его получения:

разработанные составы композиционных материалов на основе алифатических полиамидов (ПА 6, ПА 6.6) внедрены на УП «Автомагистраль» Комитета по автомобильным дорогам Республики Узбекистан (справка от 11 августа 2020 года № 01-58/1) в качестве альтернативных композитов на основе импортного полиамида ПА 11 (Rilsan) для нанесения триботехнических покрытий на стенки цилиндров тормозных камер грузовых автомобилей при их ремонте и восстановлении, что позволило увеличить эксплуатационный ресурс от 300 тыс км пробега до 400 тыс. км пробега транспортного средства;

антикоррозионные покрытия на основе полиамида ПА 6, модифицированного высокодисперсными частицами металлов и углеродных продуктов внедрены на УП «Автомагистраль» Комитета по автомобильным дорогам Республики Узбекистан (справка от 11 августа 2020 года № 01-58/1) в качестве альтернативных композитов на основе импортного полиамида ПА 11 (Rilsan), для нанесения на поверхность пружинного энергоаккумулятора

тормозной камеры грузовых автомобилей, в результате чего его эксплуатационный ресурс увеличился в 1,1 – 1,3 раза.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на 3 международных и 2 республиканских и научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертационных исследований опубликовано 12 работ. Список опубликованных работ включает 1 патент на изобретение (в соавторстве), 1 монографию (в соавторстве), 5 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 4 статей в зарубежных журналах, 1 статья в журналах Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, обосновано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Изложена научная новизна полученных результатов, практические аспекты их применения в различных отраслях промышленности, обоснована целесообразность на основе результатов опытно-промышленной проверки широкого внедрения разработанных материалов на основе промышленных термопластов на отечественных предприятиях, приведены ссылки на литературные источники и нормативную техническую документацию, представлены сведения о структуре работы и опубликованным материалам по теме исследований.

В первой главе диссертации **«Современное состояние проблемы получения функциональных материалов на основе термопластов»** рассмотрены современные методологические подходы к формированию структуры композитов с оптимальным уровнем организации на различных уровнях путём модифицирования матриц компонентами различного состава, строения, технологии получения и введения. Рассмотрены конструктивные особенности элементов автокомпонентов и технологического оборудования, которые выполнены из полимерных композиционных материалов с определёнными параметрами деформационно-прочностных, триботехнических, теплофизических, адгезионных характеристик. Обоснована необходимость совершенствования марочного ассортимента полимерных композитов с учётом особенностей эксплуатации изделий различного функционального назначения для достижения адекватности их параметров требованиям надёжности и безопасности эксплуатации.

На основании анализа литературных данных и патентных источников, рассмотрены направления совершенствования композиционных материалов на

основе промышленных термопластов для повышения устойчивости к воздействию знакопеременных и динамических нагрузок, воздействию термоокислительных сред и коррозионно-механическому изнашиванию.

Во второй главе диссертации **«Методы анализа параметров структурных и эксплуатационных характеристик композиционных материалов и металлополимерных систем»** обоснован выбор методов исследования параметров деформационно-прочностных, адгезионных, триботехнических, энергетических характеристик полимерных матриц и композиционных материалов на их основе. Рассмотрены принципы моделирования металлополимерных конструкций, виртуальных, стендовых испытаний.

В качестве исходных компонентов для получения совмещенных матриц и композитов для изготовления изделий различного назначения использовали промышленно выпускаемые термопластичные полимеры и олигомеры, наиболее распространенные в материаловедении и технологии полимерных материалов: алифатические полиамиды (ПА) – ПА6–210/310 низковязкий, ПА6.6–Л (Филиал «Завод Химволокно» ОАО «Гродно Азот»), ПА66/6 Grilon TSS/4, ПА12 Grilamid L20 (EMS–СHEMIE AG, Швейцария), ПА11 Rilsan (Arkema, Франция), полиолефины – полипропилен (ПП), полиэтилен высокого давления (ПЭВД), полиэтилен низкого давления (ПЭНД) (ОАО «Полимир»), полиэфиры – полиэтилентерефталат (ПЭТФ), полибутилентерефталат (ПБТФ) первичные (ОАО «Могилевхимволокно») и регенерированные (ОАО «Белвторполимер»), фторсодержащие соединения – политетрафторэтилен (ПТФЭ) Ф4 и Ф4–М (ОАО «Галоген», Россия), фторсодержащие олигомеры «Фолеокс» (ФГУП «Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева», Россия), продукты термогазодинамического синтеза ПТФЭ (ТГДС), выпускаемые под торговой маркой «Форум» (Институт химии ДВО РАН, Россия), позиционируемые как ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ).

Для регулирования параметров структуры и эксплуатационных характеристик композитов и изделий из них использовали дисперсные, в.т.ч. наноразмерные, частицы углеродсодержащих (коллоидно-графитовый препарат С–1 (КГП С–1), шихту детонационного синтеза баллистических порохов (УДАГ), углеродные нанотрубки (УНТ)) (НП ЗАО «Синта», ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси») и металлсодержащих (формиат меди) соединений, полученные по оригинальным технологиям производителей.

Совмещение компонентов осуществляли по технологиям экструзионного смешивания на двухшнековом экструдере MPC 67/2 фирмы «Компекс», термомеханического смешивания в материальном цилиндре литьевой машины Battenfeld серии TM (Wittmann Battenfeld GmbH, Германия) и осаждения дисперсных частиц из псевдооживленного слоя на твердом субстрате (установка ГНУ «ИММС им. В.А. Белого НАН Беларуси») при режимах, регламентированных производителями оборудования.

Для управления параметрами энергетического состояния и дисперсности компонентов использовали технологические приёмы, основанные на механическом диспергировании, механохимическом совмещении, воздействии энергетических потоков при термообработке, СВЧ-излучения, лазерного излучения с использованием оригинальных установок криогенного диспергирования, установки планетарного смешивания АГО-2 (Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН), установки для обработки СВЧ-излучением, лазера Квант-15, высокоэнергетического измельчителя – дисмембратора, установок для нанесения электростатических покрытий (ОАО «Гродненский механический завод», ОАО «Белкард», ОАО «Лакокраска», ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси»). Выбор типа энергетического воздействия и режимов для осуществления процесса активации был обусловлен структурно-химическими и размерными параметрами компонентов, функциональным назначением покрытий или изделий.

Физико-химические процессы на границе раздела фаз в смесевых композитах и металлополимерных системах исследовали с применением современных методов анализа: ИК-спектроскопии (Tensor-27), рентгеновской дифрактометрии (Дрон-3,0), дифференциально-термического анализа (ДТА) (Thermoscan-3), атомно-силовой (АСМ), электронной растровой (РЭМ) и оптической (ОМ) микроскопии с применением оригинальных приборов (Mira, Tescan, NT-206, MDS). Энергетическое состояние компонентов оценивали методом спектроскопии термостимулированных токов (ТСТ-анализа) на установке ОДО «Микротестмашины».

Параметры деформационно-прочностных, триботехнических, адгезионных характеристик композиционных материалов и покрытий определяли по общепринятым методикам с использованием стандартных и рекомендованных образцов по действующим стандартам Республики Беларусь или нормативной документации разработчика на специализированном оборудовании Z010 Zwick, FT-2. Реологические параметры компонентов и смесей исследовали на приборе ИИРТ-119.

Моделирование металлополимерных конструкций и анализ параметров их характеристик осуществляли с использованием систем автоматизированного проектирования SolidWorks, Pro/Engineer и интегрированных расчётных конечно-элементных модулей Simulation и Pro/Mechanica.

Стендовые и производственные испытания изделий из разработанных композиционных материалов и покрытий проводили на ОАО «Белкард», ОАО «Белвторполимер», УП «Цветлит», ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством».

Обработку экспериментальных данных осуществляли с применением программных продуктов операционной системы Windows 10 (Microsoft Office 2019, CorelDraw 2019, Adobe Photoshop CS6).

Третья глава диссертации **«Исследование энергетического фактора материаловедения и технологии функциональных полимерных композитов и металлополимерных систем»** рассмотрены механизмы проявления

энергетического фактора в процессах формирования систем на основе полимерных матриц, включающих в состав компоненты, которые влияют на структуру композита на различных уровнях организации, и их эксплуатации в различных условиях.

Для проведения исследований использовали плёночные полуфабрикаты в состоянии промышленной поставки толщиной от 120 до 200 мкм, полученные методами экструзии с раздувом или экструзии через плоскощелевую головку из полиэтилена низкого давления (ПЭНД), полиэтилена высокого давления (ПЭВД), полипропилена (ПП), полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Модифицированию подвергали и дисперсные частицы модификаторов, широко распространённых в полимерном материаловедении – частицы глин, силикатов, коллоидно-графитового препарата КГП С-1 и др. Для модифицирования образцов из полимерных материалов использовали лазерную установку «Квант-15», генерирующую лазерное излучение с длиной волны $\lambda_0 = 1,06$ мкм и длительностью импульса $2 \cdot 10^{-3}$ с, и лазер ГОР-100М с $\lambda_0 = 0,69$ мкм и длительностью импульса свободной генерации $1,2 \cdot 10^{-3}$ с. Количество импульсов при обработке варьировали от 1 до 10. При использовании установки «Квант-15» частоты повторения импульса варьировались от 1 Гц до 20 Гц. В качестве подложек, на которых размещали плёночные образцы, использовали как диффузно рассеивающие материалы, так и материалы с нанесённым графитовым покрытием. Энергия одного импульса воздействующего излучения варьировалась от 0,6 до 6 Дж. Диаметр пучка воздействующего излучения изменялся от 4 до 10 мм.

В качестве критерия для оценки энергетического состояния образца полимерного материала использовали значения термостимулированного тока (ТСТ), возникающего в образце при его нагревании и изменяющего своё значение при воздействии внешних факторов, в частности, лазерного излучения и температуры.

Существенное влияние на параметры деформационно-прочностных характеристик композиционных материалов на основе термопластичных матриц оказывают индивидуальные особенности состава, структуры использованных наполнителей и модификаторов и их изменения под действием лазерного излучения (ЛИ).

Комплексное воздействие лазерного излучения (ЛИ) на параметры проявляется в изменениях молекулярной и надмолекулярной структуры.

Проведены исследования морфологии поверхностного слоя полимерных субстратов, подвергнутых воздействию неразрушающего лазерного излучения.

Воздействие излучения лазера ГОР-100М с энергией импульса свободной генерации $0,6 \div 30$ Дж приводит к образованию характерного рельефа поверхностного слоя, образованного нанокompонентами в размерном диапазоне $1 \div 100$ нм (рис. 1). Вероятно, образование подобных компонентов обусловлено процессами перекристаллизации под действием акустических волн, возникающих при взаимодействии импульсного ЛИ с полимерным образцом.

Механоактивирование частиц различного состава и строения в высокоэнергетической установке АГО-2 приводит к образованию большого

числа наноразмерных фрагментов с размером около 1 нм, которые образуют кластерные структуры. Характерный вид механоактивированных частиц кремния и оксида кремния представлен на рис. 2.

Изменение морфологии дисперсных частиц происходит и при термическом воздействии на полуфабрикаты в диапазоне температур 373÷1073 К (рис. 3), что приводит к изменению энергетического состояния этих модификаторов полимерных матриц (рис. 4).

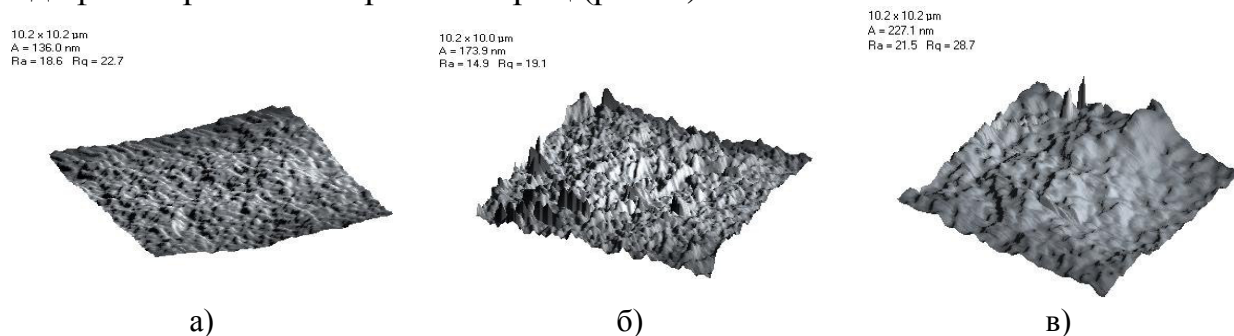


Рис. 1. Характерная морфология поверхности пленочного образца из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) исходная (а) и после однократного воздействия излучения лазера ГОР-100М с энергией импульса свободной генерации 30 Дж (б) и 2 Дж (в)

Строение и состав компонентов нанометровой дисперсности предполагают их высокую активность в реакциях с окружающей технологической или матричной средой. Эта активность проявляется в хемосорбции кислорода с образованием оксидных соединений, формировании ориентированных структур больших геометрических размеров из газообразных и жидкофазных субстанций (в том числе олигомерных и полимерных), физико-химических и структурных трансформациях исходных наночастиц, которые приводят к формированию кластерных агрегатов.

Исследованные дисперсные модификаторы различного состава, строения и технологии получения обладают различной активностью, оцениваемой по интенсивности токопрохождения в различных температурных диапазонах. Поэтому при выборе модификатора для конкретного применения с целью достижения оптимального эффекта необходимо учитывать температурный диапазон его активности.

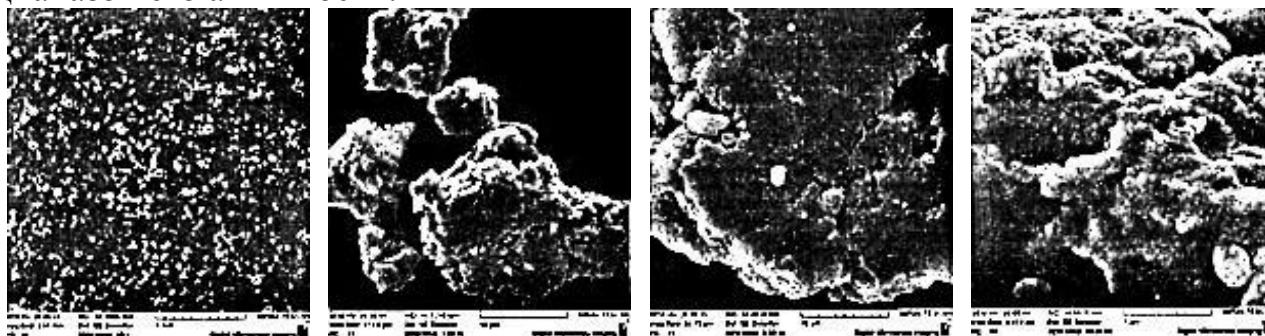
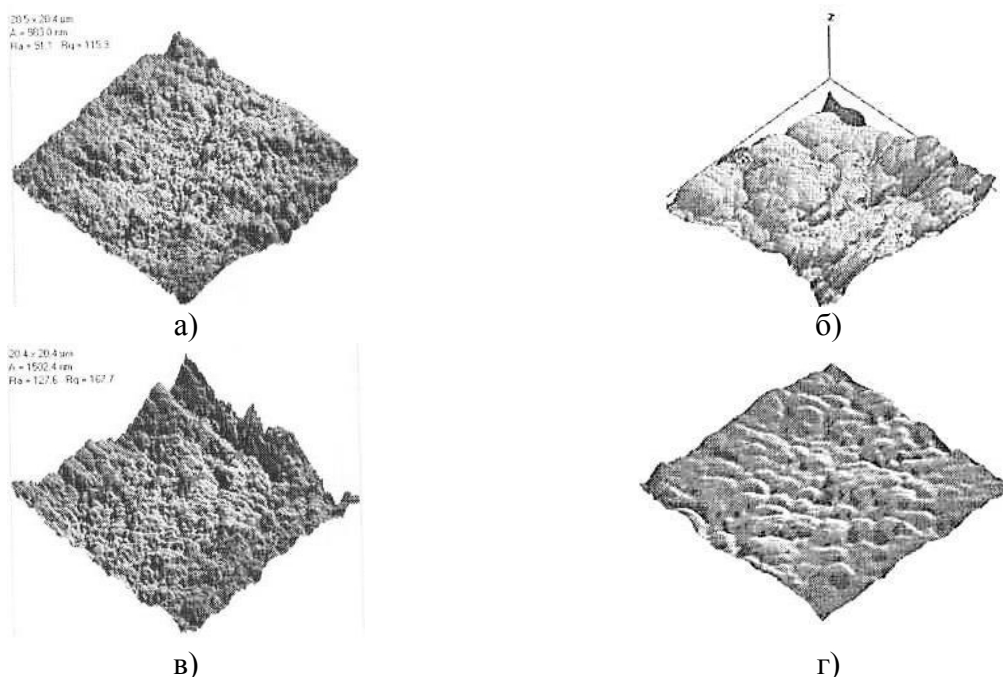


Рис. 2. Морфология механоактивированных частиц ультрадисперсного оксида кремния, полученных при различных увеличениях, методом сканирующей электронной микроскопии (увеличение-х400)



Исходные частицы модификатора (а, б) и после термической обработки при температуре 400 °С на воздухе (в, г))

Рис. 3. Характерная морфология углеродсодержащего наполнителя шунгита (а, в) и кремнийсодержащего наполнителя природного кремня (б, г)

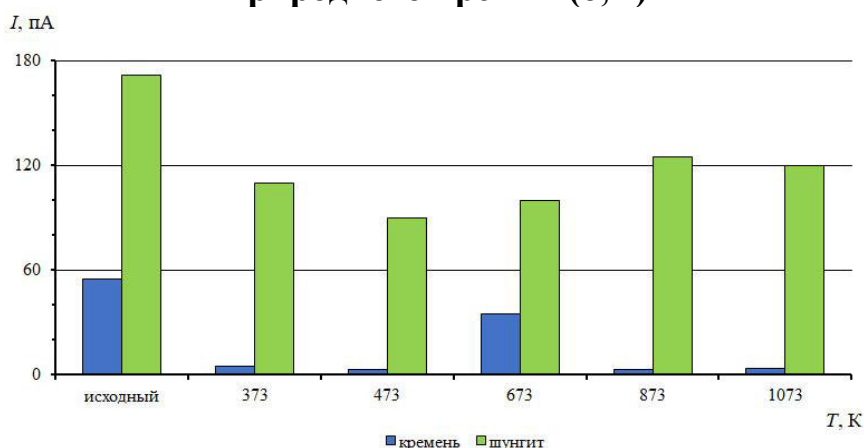


Рис. 4. Изменение величины максимального термостимулированного тока I_{max} от температуры обработки дисперсных частиц кремня, шунгита

Четвертая глава диссертации «Разработка составов и исследование деформационно-прочностных износостойких, триботехнических, коррозионно стойких характеристик композиционных материалов для применения в конструкциях грузовых автомобилей» приведены результаты разработки различных составов и исследований деформационно – прочностных, износостойких, триботехнических, коррозионно – стойких характеристик композиционных материалов, а также результаты определения эффективности их применения в элементах и деталях тормозных камер грузовых автомобилей. Проведанные исследования процессов механической активации смесей

полиамид ПА 6 + силикат показали, что характер связей, образующихся между компонентами в композитах, зависит от мас. % содержания силиката в смеси. При содержании полимера в смеси ≤ 30 мас. % происходит механохимическое взаимодействие компонентов смесей, в ходе которого зарядовые центры силиката взаимодействуют с зарядовыми центрами полимера.

Данное взаимодействие сказывается на реологических и прочностных характеристиках полимера при введении данных механоактивированных модификаторов. Согласно данным, полученных методом определения показателя текучести расплава термопластов, который характеризует скорость течения расплавленного термопласта через капилляр стандартных размеров при заданных температуре и давлении и определяет реологические характеристики полимеров, наблюдается изменение значений вязкости при модифицировании базового полиамида 6 механоактивированными частицами (рис. 5).

На кривой зависимости показателя текучести расплава композиционного материала на базе полиамида от концентрации механоактивированного модификатора, наблюдаемый при 0,5 мас. %, что свидетельствует об увеличении вязкостных характеристик. Возрастание вязкости композиционного материала возможно объяснить, исходя из представлений о формировании лабильных физических связей в структуре композита. Объемная сетка узлов физических взаимодействий, формируемых вследствие адсорбционного взаимодействия механоактивированных частиц полиамид 6-каолинит с активными центрами полиамида 6, играет роль физических препятствий микрорезанию и пластическому деформированию поверхностных слоев полимерной матрицы как в процессе трения, так и в процессе механического разрушения. Данное предположение подтверждается результатами исследований по определению параметров прочностных характеристик разработанного композиционного материала при растяжении (рис. 6). В области концентрации модификатора 0,5 мас. % наблюдается возрастание прочностных характеристики до 80 МПа. Дальнейшее увеличение концентрации модификатора в полимерной матрице приводит к уменьшению значений предела прочности при растяжении. Это обусловлено взаимодействием между собой зарядовых кластеров, образованием крупных агломератов механоактивированных частиц с низкой когезионной прочностью в объеме полиамидной матрицы, что и приводит к снижению прочностных характеристик.

Исследование композитов на основе ПЭТФ показало, что у ПЭТФ твердость и температура плавления выше, чем у ПА6, поэтому кривая 5 лежит ниже кривой 2 (рис. 7). Введение талька привело к увеличению величины износа, что связано, очевидно, со снижением степени кристалличности полимера. Композит, содержащий 10 % слюды (рис. 7, кривая 6), показал наилучшие антифрикционные характеристики.

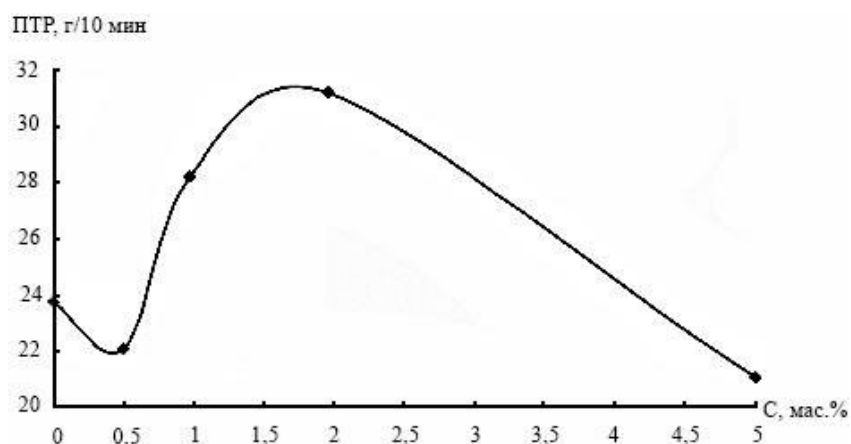


Рис. 5. Зависимость показателя текучести расплава (ПТР) полиамида 6, модифицированного смесью механоактивированных частиц полиамид 6 – каолинит от концентрации модификатора

Проведенные исследования позволили разработать составы композиционных материалов на основе совмещенной матрицы ПА 6 + 10 мас. % ПЭТФ и ПЭТФ + 10 мас. % ПА 6. При введении в совмещенные матрицы 5–20 мас. % дисперсных частиц слюды достигается синергический эффект повышения параметров триботехнических и адгезионных характеристик при сохранении высоких значений параметров деформационно-прочностных характеристик, оцениваемых по критерию $\sigma_p \geq 62\text{--}65$ МПа. Интенсивность изнашивания композитов на основе совмещенных матриц при содержании слюды 10 мас. % составляла при 10 ч непрерывной эксплуатации 0,4 мм и 0,2 мм соответственно при матрице ПА6+10 мас. % ПЭТФ и ПЭТФ+10 мас. % ПА 6. При этом коэффициент сухого трения находился в диапазоне 0,28–0,30, превосходя этот параметр для исходных матриц – 0,38 и 0,65 соответственно.

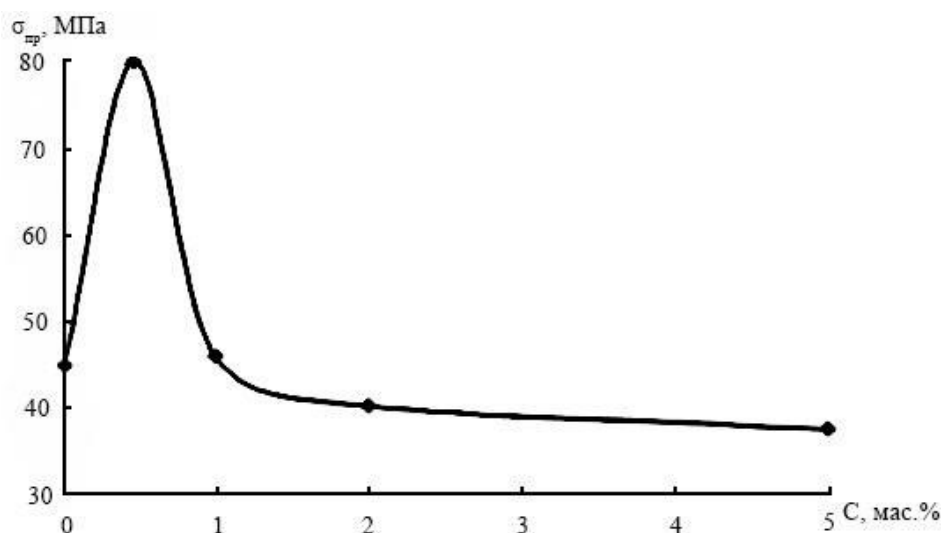
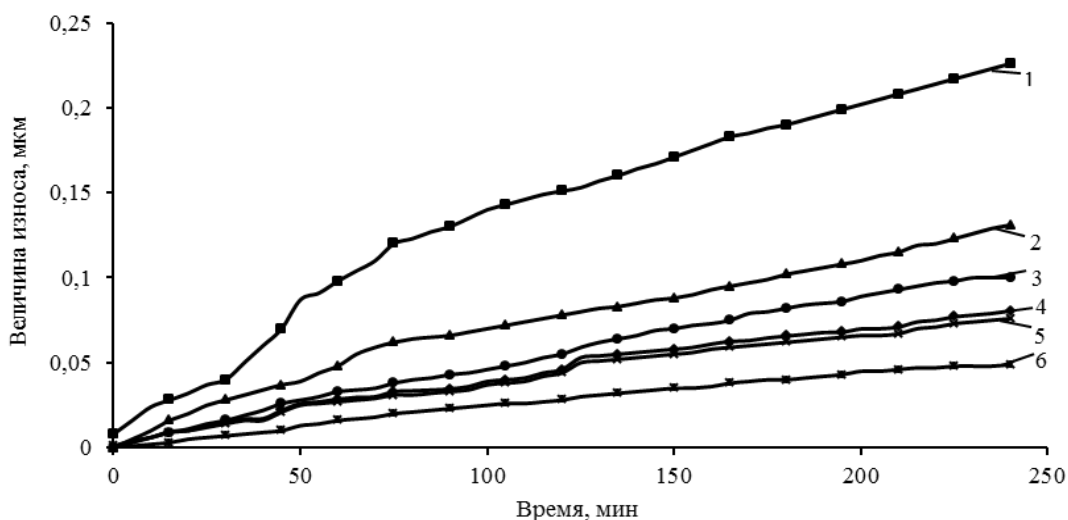


Рис. 6. Зависимость предела прочности при растяжении полиамида 6, модифицированного смесью механоактивированных частиц полиамид 6 – каолинит от концентрации модификатора



1 – ПЭТФ+талк (90:10); 2 – ПЭТФ+ПА 6 (90:10); 3 – ПБТФ; 4 – ПБТФ+СВ (70:30); 5 – ПЭТФ; 6 – ПЭТФ+слода (90:10)

Рис. 7. Зависимость величины износа смесевых композиций на основе ПЭТФ от времени испытания по схеме «палец-диск» при $p = 2,8$ МПа, $V = 1,1$ м/с

Приведенные в таблицах 1 и 2 данные свидетельствуют об эффективности действия высокодисперсных частиц в смесевых композициях на основе алифатических полиамидов. Вероятным механизмом модифицирующего действия углеродсодержащих модификаторов является образование физических адсорбционных связей в переходном слое композита.

Дополнительный эффект повышения эксплуатационных характеристик достигается введением в смесевые композиции высокодисперсных частиц углеродсодержащих соединений – графита коллоидного С-1, УНТ, УДАГ, шихты детонационного синтеза баллистических порохов в количестве 0,5 мас. %. При этом износостойкость композита при соотношении ПА 6: ПА 11, равным 50:50, повышается в 1,5–2,0 раза при одновременном снижении коэффициента трения до значений 0,05–0,15 (рис. 8).

Таблица 1

Параметры деформационно-прочностных характеристик композиционных материалов на основе смесей алифатических полиамидов (испытания на изгиб)

Состав композиционного материала, мас. %	Параметр характеристики				
	E_f , МПа	σ_{fm} , МПа	ε_{fm} , %	σ_m , МПа	ε_m , %
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+КГП С1(0,5%)	2984,7	114,7	6,7	78,84	3,9
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+УНТ(0,5%)	2797,8	109,7	6,1	54,19	2,1
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+шихта(0,5%)	2850,5	115,1	6,8	77,80	3,8

Разработанные составы и технологии функциональных покрытий на основе смесей алифатических полиамидов обладают благоприятным сочетанием параметров триботехнических, защитных и адгезионных характеристик и

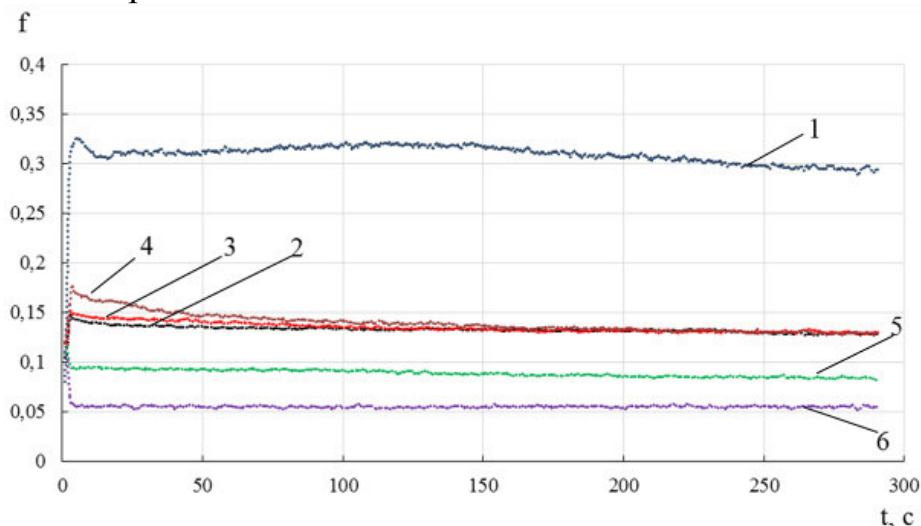
использованы для повышения эксплуатационных параметров шлицевых соединений карданных валов грузовых автомобилей и узлов трения токарных патронов металлообрабатывающего станочного оборудования и энергоаккумуляторов тормозных камер.

Таблица 2

Параметры деформационно-прочностных характеристик композиционных материалов на основе смесей алифатических полиамидов (испытания на растяжение)

Состав композиционного материала, мас. %	Параметр характеристики						
	σ_y , МПа	ϵ_y , %	σ_m , МПа	ϵ_m , %	σ_b , МПа	ϵ_b , %	ϵ_{fb} , %
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+КГП С1(0,5%)	79,0	4,0	78,84	3,9	76,0	3,8	6,3
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+УНТ(0,5%)	–	–	54,19	2,1	54,2	2,1	–
ПА6,6(84,5%)+ПА6(10%)+ПА12(5%)+шихта(0,5%)	78,9	4,0	77,78	3,8	74,1	3,7	12

Моделирование напряженно-деформированного состояния основного элемента тормозной камеры – силовой пружины позволило выявить характерные сечения с максимальными напряжениями, обусловленными нарушением геометрических параметров при изготовлении, установке и эксплуатации. Установлено комплексное влияние полимерного покрытия, нанесенного на поверхность пружины с применением распространенных технологий – осаждением из псевдооживленного слоя или напылением суспензий с последующим отверждением.



1 – ПА 6; 2 – ПА 11; 3 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,1 мас. % КГП С-1; 4 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,5 мас. % КГП С-1; 5 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,1 мас. % УНТ; 6 – ПА 6/ПА 11 (50:50) + 0,5 мас. % УНТ

Рис. 8. Зависимость коэффициента трения (f) от времени испытаний (t, с) для покрытий из композиционных материалов на основе алифатических полиамидов

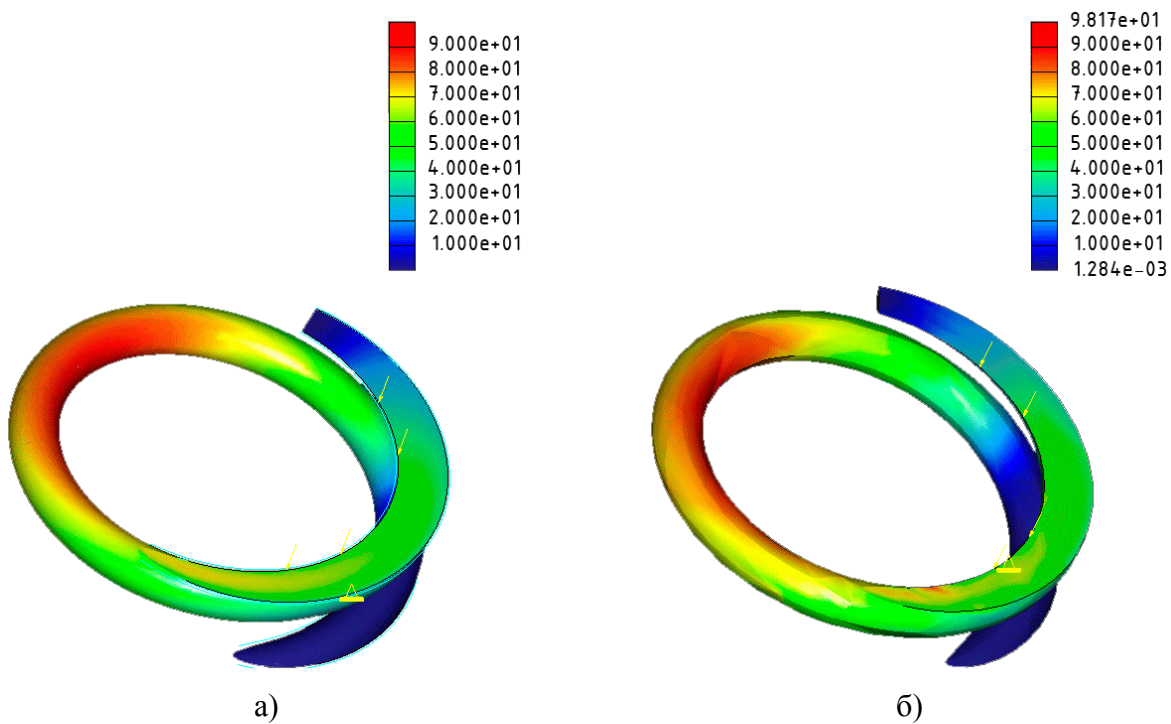


Рис. 9. Напряжённо-деформированное состояние витков пружины тормозной камеры. а) – с покрытием; б) – без покрытия

Модельные покрытия из термопластичного полимера (СЭВА, ПА6) благоприятно сказывается на характере распределения напряжений в поверхностных слоях витка, снижая максимальное значение с 98 МПа до 90 МПа (рис. 9), что увеличивает стойкость к воздействию многоцикловых нагрузок.

Моделирование напряжённо-деформированного состояния штока с диском (рис. 10) позволило выявить величину действующих напряжений и сечение с максимальными нагрузками.

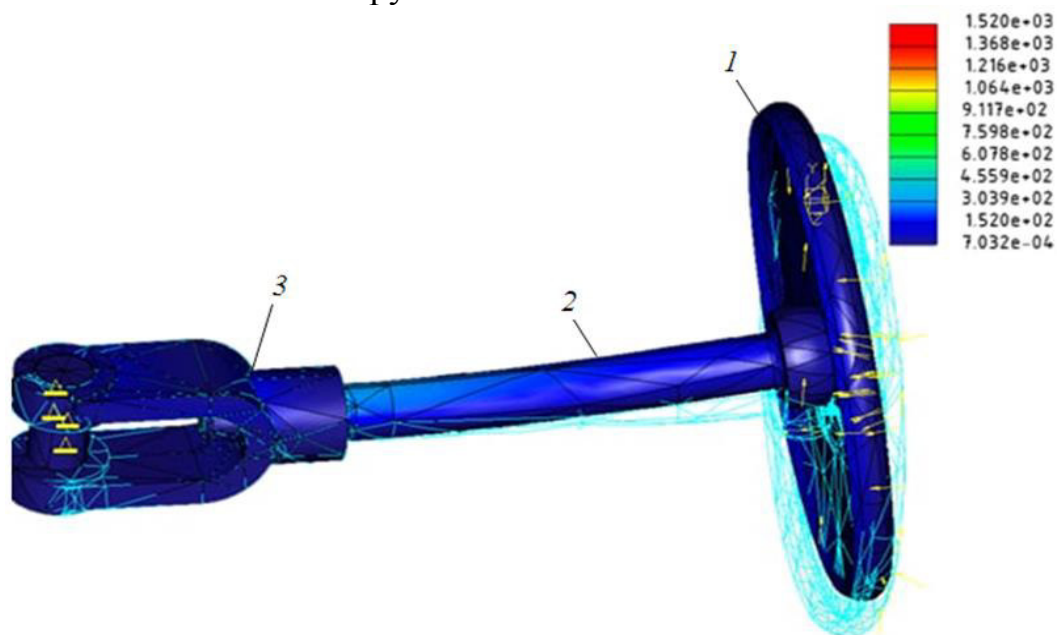


Рис. 10. Модель диска со штоком тормозной камеры: 1-диск опорный; 2-шток; 3-вилка

Проведенные модельные исследования с варьированием конструктивного исполнения элементов и их размерных параметров позволили обосновать возможность использования для их изготовления конструкционных материалов на основе термопластов класса полиамидов. Благодаря этому обеспечиваются не только требуемые эксплуатационные параметры тормозной камеры, но и увеличивается её ресурс вследствие повышения коррозионной стойкости при повышении технологичности изготовления и сборке. Использование конструкционных композитов для изготовления элементов штока и диска позволяет оптимизировать конструктивное решение этого элемента тормозной камеры, в значительной степени, определяющей её ресурс и безопасность эксплуатации транспортного средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Осуществлён системный анализ энергетического фактора формирования композиционных материалов на основе промышленных термопластов и их переработки в изделия различного функционального назначения. Установлено, что они должны коррелироваться с значением энергии активации физико-химического или структурного процесса (определяющего деформационно-прочностные, адгезионные и триботехнические характеристики). Это служит для определения методологических принципов формирования оптимальной структуры композитов путем управления энергетическими параметрами компонентов.

2. Разработаны технологии изготовления композиционных материалов с повышенными параметрами характеристик на основе промышленных полиамидов, полиолефинов, политетрафторэтилена, что служит для применения способов термомеханического совмещения, механо-химической активизации, воздействия лазерным излучением и термолиза.

3. Разработаны составы и технология конструкционных, триботехнических и защитных материалов на основе первичных и регенерированных термопластов класса полиамидов и полиолефинов, содержащих сочетание дисперсных частиц с повышенной активностью (КГП С-1, УДАГ, глина, медь и оксиды) и полимерных компонентов для изготовления элементов агрегата грузовых автомобилей повышенного эксплуатационного ресурса, что служит для определения элементов агрегата.

4. Экспериментально установлены механизмы формирования структуры композиционных материалов на основе термопластов, что дает возможность прогнозирования формирования структур композитов.

5. Разработан метод составления математической модели напряженно – деформированного состояния пружины, диска с штоком тормозной камеры грузовых автомобилей. Установлены закономерности распределения максимальных напряжений на витках пружины и диска с штоком с нанесением и без нанесения композиционных материалов на эти детали. Это дала

возможность снизить значения максимальных напряжений в опасных сечениях витка пружины с покрытием с 98 МПа до 90 МПа.

6. Построены графические зависимости изменения предела прочности, величины износа полиамида от концентрации модификатора и времени. Нанесение разработанных композиционных материалов на основе алифатических полиамидов ПА 6, ПА 6.6 с в качестве антикоррозионных покрытий на стенке цилиндров тормозных камер грузовых автомобилей позволило увеличить ресурс этих агрегатов на 400 тыс. км пробега. Модифицирование высокодисперсными частицами металла и углерода антикоррозионного покрытия на основе полиамида ПА 6 позволило увеличить ресурс пружины тормозной камеры до 1,3 раза.

7. Внедрение полученных результатов на предприятиях УП «Автомагистраль» комитета по автомобильным дорогам Республики Узбекистан позволило получить экономический эффект в 88 млн. сумов в год, за счет увеличения ресурса деталей и сокращения расходных материалов на ремонт и восстановление агрегатов грузовых автомобилей.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04. ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

IKROMOV AKMALJON GOFURJONOVICH

**DEVELOPMENT OF NEW EFFECTIVE MATERIALS FOR MACHINE-
BUILDING PARTS OF TRUCK AGGREGATES AND TECHNOLOGIES
FOR THEIR PRODUCTION**

**05.02.01 - Material Science in Mechanical Engineering. Foundry. Heat
treatment and treatment of metals by pressure. Metallurgy of ferrous, non-
ferrous and rare metals. Technology of rare, rare and radioactive elements**

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

Tashkent – 2021

The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2020.4.PhD/T356.

The dissertation was completed at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation in two languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is available on the web page (www.tdtu.uz) and the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: Riskulov Alimjon Ahmadjanovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: Abdullaev Fatkhulla Sagdullaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Jumabayev Alijan Bakishevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: Andijan Machine-Building Institute

The defense of the dissertation consists of «6» avgust 2021 at 11⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council No DSc.03/30.12.2019.T.03.04. under the Tashkent State Technical University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

The dissertation can be found in the Information Resource Center of Tashkent State Technical University (registered for No.215) (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel. / Fax: (99871) 227-10-32)

Abstract of the dissertation sent «24» July 2021
(register of the distribution protocol No. 124 from «24» July 2021)



K.A. Karimov

Chairman of scientific council for awarding degree,
doctor of technical sciences, professor

Sh.B. Tashbulatov

Scientific secretary of scientific council for awarding degree, doctor of
philosophy in technical sciences

F.S. Abdullaev

Chairman of scientific council seminar at the Scientific Council for the
awarding academic degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

The purpose of this study is the development of new effective materials for machine-building parts of truck aggregates with increased operational parameters and technology for their production.

Tasks of the research:

to carry out a systematic analysis of the energy factor of the formation of the structure of functional composite materials based on polymer, oligomeric and mixed matrices at various levels of organization, taking into account the functional purpose of metal-polymer systems;

to develop methodological principles for optimizing the structural parameters of composites based on thermoplastic matrices under energetic influences on components at the stages of their production and processing;

to develop compositions and technology of functional composite materials based on industrial thermoplastics for automobile units with increased service life;

to check the effectiveness and implementation of the developed composite materials at the enterprises of the operation of trucks.

Research object. Composite materials based on industrial thermoplastics of the class of polyamides, polyolefins, polytetrafluoroethylene were selected as objects of research.

The subject of research are the regularities of the formation of structural composite materials based on thermoplastics under energetic action on components at the stages of preparation, combination and processing into products.

Methods of research. For research, the method of system analysis was used, including methods of IR spectroscopy, differential thermal analysis (DTA), atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscopy (SEM), thermally stimulated current spectroscopy (TST), methods of standard testing of material samples for evaluation parameters of deformation-strength, tribotechnical, adhesive, rheological, thermophysical, protective characteristics using the appropriate equipment.

To assess the parameters of the stress-strain state of elements of automotive units, multifunctional software SolidWorks (Simulation), Pro / Engineer (Pro / Mechanics), Ls-Dyna were used.

The scientific novelty of the research:

methodological principles for the formation of the optimal structure of composite materials by controlling the energy parameters of their components have been developed;

the functional dependence of the tensile strength and the amount of wear of the polyamide on the concentration of the modifier and time has been established;

the composition of composite materials has been developed, obtained on the basis of modified polytetrafluoroethylene by joint activation of particles of polytetrafluoroethylene and carbon fiber, which at a content of 30 wt% provide an increase in ultimate strength to $\sigma_p = 26\text{MPa}$ and wear resistance to $1 \cdot 10^{-7} \text{mm}^3 \text{N} \cdot \text{m}$; receiving;

composite materials obtained on the basis of aliphatic polyamides PA6, PA6.6 have been developed, as a result of their application as a tribotechnical coating for the

cylinder walls of the brake chamber of a car, it becomes possible to increase the service life of brake chambers and cylinders up to 400 thousand km.

Practical implications of the study:

composite materials obtained on the basis of aliphatic polyamides PA6, PA6.6 have been developed for use as a tribotechnical coating on the cylinder walls of the brake chamber of a car in order to increase the service life of the brake chamber and cylinders of trucks;

compositions of structural tribotechnical and anticorrosive materials based on primary and regenerated thermoplastics of the class of polyamides (PA 6, PA 6.6, PA 12), polyesters (PET, PBTF) and polyolefins (PP, LDPE, HDPE, TEP) and technologies for their production have been developed.

Implementation of the research results. Based on the results of scientific research on the development of a new effective material for machine-building parts of truck aggregates and technology for its production:

The developed compositions of composite materials based on aliphatic polyamides (PA 6, PA 6.6) were introduced at the Avtomagistral Unitary Enterprise of the Committee for Roads of the Republic of Uzbekistan (certificate dated August 11, 2020 No. 01-58 / 1) as alternative composites based on imported PA polyamide 11 (Rilsan) for the application of tribotechnical coatings on the cylinder walls of the brake chambers of trucks during their repair and restoration, which made it possible to increase the service life from 300 thousand kilometers to 400 thousand kilometers of the vehicle.

Anti-corrosion coatings based on polyamide PA 6 modified with highly dispersed particles of metals and carbon products have been introduced at the Avtomagistral Unitary Enterprise of the Committee for Roads of the Republic of Uzbekistan (certificate of August 11, 2020 No. 01-58 / 1) as alternative composites based on imported polyamide PA 11 (Rilsan), for applying to the surface of the spring brake chamber of the brake chamber of trucks, as a result of which its service life has increased by 1.1 - 1.3 times.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I – бўлим (I – часть; I – part)

1. Патент РУз № IAP 06365. Триботехнический композиционный материал на основе политетрафторэтилена / Авлиякулов Ж.С., Рискулов А.А., Авдейчик С.В., Икромов А.Г. // Официальный бюллетень. – 2020. - №12(236). С 71-72.

2. Антонов А.С., Авдейчик С.В., Икромов А.Г. Энергетический фактор материаловедения и технологии полимерных композитов / Монография. – Ташкент, 2019. – 214 с.

3. Avdeychik S., Goldade V., Struk V., Antonov A., Ikromov A. The phenomenon of nanostate in material science of functional composites based on industrial polymers // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. – 2020. – Issue. 07. – Volume. 87. – P. 101–107. (Impact Factor, I.F= 0,912)

4. Икромов А.Г. Признаки особого энергетического состояния компонентов металлополимерных систем и композиционных материалов на основе высокомолекулярных матриц. // Вестник ТАДИ. - Ташкент, 2015. - №4. – С. 11-16. (05.00.00; №15).

II – бўлим (II – часть; II – part)

1. Eisymont Y., Auchynnikau Y., Avdeychik S., Ikromov A., Grigorieva T. Mechanochemical processes in the formation of engineering materials based on polymers // Material Science. Nonequilibrium phase transformations. – 2015. –Vol. 1. – Iss. 1. – P. 36–41.

2. Eisymont Y., Ikromov A., Avdeychik S., Auchynnikau Y., Struk V. Energy aspects of structure formation of nanocomposite based on thermoplastics // Material Science. Nonequilibrium phase transformations. – 2015. – Vol. 1. – Iss. 1. – P. 42–47.

3. Авдейчик С. В., Сорокин В. Г., Струк В. А., Антонов А. С., Икромов А. Г., Абдуразаков А.А. Методология выбора функциональных модификаторов для композитов на основе высокомолекулярных матриц // Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 1. – С. 76–95.

4. Avdeychik S., Struk V., Eisymont Y., Ikromov A. The energy factor of polymer nanocomposites technology // XVI International workshop on new approaches to high-tech: nano design, technology, computer simulations (ndtcs'2015) (Grondo, september 22-25, 2015) p. 108-109

5. Рискулов А.А., Шарифходжаева Х.А., Авлиякулов Ж.С., Икромов А.Г. Физико-химические и структурные аспекты создания функциональных наноконпозиционных материалов на основе полимерных матриц // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции “Перспективы развития автомобильно-дорожного комплекса Узбекистана”. Ташкент. -2014 с.267-269

6. Sarokin V., Avdeychik S., Struk V., Ikromov A. Structural aspects of laser modification of nanomaterials components // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» Бухара-2015. с.233-237

7. Eismont Y., Auchynnikau Y., Avdeychik S., Ikromov A., Grigorieva T. Mechanochemical processes in the formation of engineering materials based on polymers // Material Science. Nonequilibrium phase transformations: International scientific conference dedicated to the 70th anniversary of prof. D.SC. Dimitar Srarver, Varna, 14-16 September 2015. – Sofia: Scientific technical union of mechanical engineering, 2015. – P. 79–84.

8. Eismont Y., Ikromov A., Avdeychik S., Auchynnikau Y., Struk V. Energy aspects of structure formation of nanocomposite based on thermoplastics // Material Science. Nonequilibrium phase transformations: International scientific conference dedicated to the 70th anniversary of prof. D.SC. Dimitar Srarver, Varna, 14-16 September 2015. – Sofia: Scientific technical union of mechanical engineering, 2015. – P. 85–90.

Диссертация автореферати Тошкент давлат техника университети нашриёт
бщлимида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги
матнларини мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 24.07.2021 йил. Бичими 60x84¹/₁₆.
«Times New Roman» гарнитураси. Рақамли босма усулида
босилди.

Шартли босма табоғи: 3. Адади 60. Буюртма № 58.

«Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти» босмахонасида чоп этилди.
Тошкент, Шохжаҳон кўчаси, 5-уй.

