

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ**

**РАҲМОНҚУЛОВ АЛИКУЛ АМИРКУЛОВИЧ**

**БИНАР ТЎЛДИРУВЧИЛАР АСОСИДА ТЕРМИК БАРҚАРОР  
ПОЛИМЕР ҚОПЛАМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
05.05.05 – Иссиқлик техникасининг назарий асослари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2024**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)**  
**Contents of dissertation abstract of doctor of science (DSc)**

**Раҳмонқулов Аликул Амиркулович**

Бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

**Рахманқулов Аликул Амиркулович**

Разработка технологии получения термостойких полимерных покрытий на основе бинарных наполнителей.....21

**Rakhmankulov Alikul Amirkulovich**

Development of technology for obtaining heat-resistant polymer coatings based on binary fillers.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати.....

Список опубликованных работ.....

List of published works.....43

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИLMИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 РАҚАМЛИ ИLMИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ**

**РАҲМОНҚУЛОВ АЛИКУЛ АМИРКУЛОВИЧ**

**БИНАР ТЎЛДИРУВЧИЛАР АСОСИДА ТЕРМИК БАРҚАРОР  
ПОЛИМЕР ҚОПЛАМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
05.05.05 – Иссиқлик техникасининг назарий асослари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2024**

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.3.DSc/T660 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Джалилов Абдулахат Турапович**  
кимё фанлари доктори, профессор, академик

**Узаков Гулом Норбоевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Нурқулов Файзулла Нурмунинович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Муртазаев Қувандик Мустафаевич**  
техника фанлари доктори доцент.

**Нормуродов Бахтиёр Абдуллаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Бухоро давлат университети**

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «30» 07 соат 09:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 111116, Тошкент тумани, Ибрат МФЙ, Шўробозор. Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

Диссертация билан Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 2024/26 рақами билан рўйхатга олинган Манзил: 111116, Тошкент тумани, Ибрат МФЙ, Шўробозор. Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Диссертация автореферати 2024 йил «13» июль куни тарқатилди.

(2024 йил «13» июль 2024/26 рақамли реестр баённомаси).

  
**А.С. Максумова**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
к.ф.д., проф.

**Ш.Н. Қиёмов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш котиби,  
т.ф.д., к.и.х.

**Х.С. Бекназаров**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

## **КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда сўнги йилларда қурилиш, автомобилсозлик ҳамда электротехника соҳаларида бинар тўлдирувчилар асосида ташқи механик таъсирлар ва ҳароратга барқарорлиги юқори бўлган полимер материалларга бўлган талаб тобора ортиб бормоқда. Ҳароратга барқарор полимерларни олишда таркибида метал сақлаган орғано-ноорганик бинар тўлдирувчилардан кенг фойдаланилади. Шунга кўра полимерларни бинар тўлдирувчилар билан модификациялаш технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда улар асосида юқори ҳароратга барқарор полимер материаллар олиш, шу билан бирга уларнинг реологик, физик-механик хусусиятларни яхшилаш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда орғано-ноорганик тўлдирувчилар билан термопластик ва терморектив полимерларни модификациялаш асосида ҳароратга барқарор композит материалларни олишнинг янги технологияларини ишлаб чиқариш ҳамда қўлланиш соҳаларини аниқлашга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, ташқи механик таъсирлар ва ҳароратга барқарор бинар тўлдирувчилар билан термопластик ва терморектив полимерларни модификациялашнинг оптимал таркибларини яратиш, технологик жараёнларини такомиллаштириш ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш ҳамда полимерларни модификациялашда таъсир механизмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кимё саноатини модернизация қилиш, ишлаб чиқариш корхоналарининг хом-ашё базасини маҳаллийлаштириш ва улар асосида импорт ўрнини босадиган янги турдаги модификацияланган полимер материаллар ишлаб чиқариш борасида муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг 2022-2026-йиллардаги тараққиёт стратегиясида “иктисодий ривожлантириш устувор йўналишлари белгиланган ҳамда маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида, юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, сифат жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзгартириш”<sup>1</sup> масалалари алоҳида белгилаб берилган. Бу борада жумладан, маҳаллий хомашёлардан фойдаланиб бинар тўлдирувчилар билан тўлдирилган ташқи механик таъсирлар ва ҳароратга барқарор термопластик ва терморектив полимер материаллар олиш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги, 2020 йил 2 мартдаги ПФ-5953-сон “Илм, маърифат ва рақамли иқтисодий ривожлантириш йилида амалга оширишга оид Давлат дастури тўғрисида” ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон “Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чоратadbирлари тўғрисида” ги, 2018 йил 17 январдаги ПҚ-3479-сон “Мамлакат

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги Фармони

иктисодиёт тармоқларини талаб қилинадиган маҳсулотлар ва хом ашё турлари билан барқарор таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги фармон ва қарорлари ижросини таъминлашда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

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

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>1</sup>.**

Бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уларни амалиётда қўллашга йўналтирилган илмий изланишлар дунёнинг етакчи университетлари ва илмий марказларида олиб борилмоқда. Булар қаторида Россия фанлар академияси қошидаги Н.Н.Семенов номидаги “Кимё ва физика институти”, Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё-технология университети, “Беларусь давлат технология университети”, Хитойда “Chendu полимер материаллар технологияси маркази”, АҚШдаги “Брауновски номидаги муҳандислик университети”, Франциядаги “Франш-Конте университети” томонидан илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш ва уларнинг ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар юзасидан қатор илмий натижалар олинган, жумладан полиэтилен асосидаги полимер матрицаларга бинар тўлдирувчиларни киритиш йўли билан уларнинг термик барқарорлиги ва механик хоссалари аниқланган (Н.Н.Семенов номидаги кимё ва физика институти, Россия), стирол ва дивинилбензол асосида сополимерлар олинган ва уларнинг термофизик, механик хусусиятлари ҳамда тўлдирувчиларнинг структуравий таъсир механизми аниқланган ва уларни қўллаш усуллари ишлаб чиқилган (Беларусь давлат технология университети, Беларусия), никел супер-қотишмалари асосида янги таркиблар олинган бўлиб ушбу металл таркибли тўлдирувчилар асосида полимер материалларга ишлов берилган ва уларни термомеханик хоссаларга таъсири аниқланган ҳамда термофизик хусусиятлари яхшилانган полимер композитларни олиш технологиялари такомиллаштирилган (Брановски номидаги муҳандислик университети, АҚШ), бинар тўлдирувчилари билан полимер материалларни термик ўтказувчан фазаларини ўзгартириш мақсадида композитлар олишган ва уларни таъсир механизмлари аниқланган (Франч-конте университети, Франция), модификацияланган полимер материалларнинг термофизик

---

<sup>1</sup> Диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий-тадқиқотлар шарҳи <https://www.chph.ras.ru/index.php/institut>, <https://www.muctr.ru/university/departments/nich/info/>, <https://belstu.by/nauka/ob-inf/nauch-shk>, <https://www.bornctoengineer.com/>, <https://xcpgroup.goldsupplier.com/>, <https://www.univ-fcomte.fr/> ва бошқа манбалар материаллари асосида тайёрланган.

хусусиятлари яхшилаш мақсадида бинар тўлдирувчиларни таъсир механизмлари ишлаб чиқилган (Ченду шаҳрида жойлашган полимер материаллар технологияси илмий маркази, Хитой).

Жаҳондаги илмий тадқиқот марказларида бинар тўлдирувчилар асосида полимер композит материаллар олиш технологияларини такомиллаштириш бўйича қатор устувор йўналишларда илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, жумладан, полимер конструктив қурилиш материалларини ҳароратга барқарор хоссаларини ошириш; механик таъсирларга барқарорлигини таъминлаш омиллари; коррозиядан ҳимояловчи хоссаларга эга бўлган бинар тўлдирувчилар билан полимер материалларга ишлов беришда таъсир механизми ҳамда физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш; полифункционал таъсирга эга тўлдирувчиларни полимер аралашмасида термофизик хоссаларни синергизмини аниқлаш; маҳаллий хом ашёлар асосида бинар тўлдирувчиларни олишнинг ресурс тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш.

**Муаммони ўрганилганлик даражаси.** Республикамиздаги илмий тадқиқот марказлари билан бир қаторида, академик А. Т. Джалилов раҳбарлик қилаётган илмий мактаб ходимлари томонидан ҳам полимер конструктив қурилиш материалларининг эксплуатацион хусусиятларини яхшилаш мақсадида бинар тўлдирувчилар асосида полимер копланмалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жумладан академик А.Т.Джалилов раҳбарлигида бир гуруҳ олимлар полимер материалларнинг ҳароратга барқарорлигини, ёнғинбардошлигини ва турли термомеханик хоссаларни яхшилаш бўйича таркибида фосфор, азот ҳамда металл бўлган қўшимчалар асосидаги композитлар олиш бўйича тадқиқотлар олиб боришмоқда.

Таркибида бинар тўлдирувчилар бўлган қўшимчаларни олиш ҳамда уларнинг тадқиқоти билан А.Т.Джалилов, Б.Ф.Мухиддинов, Б.А. Мухамедғалиев, Х.С.Бекназаров, П.Ж. Тожиев, Б.А.Нормуродов, Э.Р.Тураев, Ф.Н. Нуркулов каби олимлар шуғулланганлар. Улар томонидан бинар тўлдирувчилар асосида полимер материаллар олишнинг турли усуллари, уларнинг олиш жараёнларига турли хил технологик омилларнинг таъсири, таклиф этилган тўлдирувчиларнинг таркиби, тузилиши ва хоссалари таҳлил қилинган.

Хорижда термопластик ва термореактив полимер материалларнинг ҳароратга барқарор хоссаларини яхшилаш учун бинар тўлдирувчилар билан ишлов беришнинг такомиллашган технологияларини ишлаб чиқиш бўйича кенг қўламли тадқиқотлар олиб борилган бўлиб, Fengkui Li, Annik Perrenoud, Richard C Larock, Sen Xue, Chuxin Lei, А. Ф. Мануленко, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук, Zahra Barani, Amirmahdi Mohammadzadeh, О. М. Палазник, П. М. Недорезова, С. В. Польщиков, А. Н. Клямкина, В. Г. Шевченко, Mediha Kok, Kadir Demirelli, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук ва бошқалар бинар тўлдирувчиларни полимер материалларнинг ҳарорат ва механик хоссаларига

таъсир механизми, физик-кимёвий хоссаларининг, полимер материалларнинг эксплуатацион хоссаларига таъсирини ўрганганлар.

Ушбу йўналишда, (АҚШ) Айова штати университети кимё факультети олимлари Fengkui Li ва Annik Perrenoud томонидан стирол ва дивинилбензол асосида сополимерлар олинган ва уларни термофизик ва механик хусусиятлари ҳамда тўлдирувчиларни таъсири натижасида ҳароратга барқарорлигини ошиб боришини, Хитойнинг Chendu полимер материаллар технологияси маркази, олимлари Sen Xue ва Chuxin Lei томонидан полимер материалларнинг термо-ўтказувчан фазадаги ўзгаришларнинг бинар тўлдирувчиларга боғлиқлигини, Беларусь давлат технология университети олимлари А. Ф. Мануленко, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчуклар томонидан полиэтилен асосидаги полимер материаллар матрицаларига бинар тўлдирувчиларни киритиш ва уларнинг иссиқлик барқарорлигига таъсири ҳамда деформация хусусиятларининг ўзгариши динамикаси, термик оксидланиш энергиясининг қийматларини, Калифорния университети (АҚШ), олимлари Zahra Barani, Amirmahdi Mohammadzadeh томонидан бир неча қатламли графен ва мис нанозарралари бўлган бинар тўлдирувчи композитларнинг иссиқлик хоссалари ва уларни полимер материалларга таъсири, Н. Н. Семенов номидаги Россия Фанлар Академиясининг кимё ва Физика институти ҳамда кимё ва Физика муаммолари институти олимлари: О. М. Палазник, П. М. Недорезова, С. В. Польщиков, А. Н. Клямкина, В. Г. Шевченколар томонидан полипропилен билан углерод нанотрубалари асосидаги бинар композитларни олишда махсус катализаторлар рац- $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me-4-PhInd})_2\text{ZrCl}_2$  билан фаоллаштирилган ҳолда *in situ* усулида полимерланиш хусусиятларини, Исломобод Quaid-i-Azam университети миллий физика ва нанотехнологиялар маркази (Покистон) олимлари Ayesha Kausar томонидан графит асосидаги бинар тўлдирувчиларни термопластик полимерларга таъсирини ўрганишга доир тадқиқотлар олиб бормоқдалар.

Сўнгги вақтларда термопластик ва терморреактив полимер материалларни ҳароратга барқарор хоссаларини яхшилаш учун бинар тўлдирувчилар билан ишлов беришнинг полимер композитларни олиш ва амалиётда қўлланилишининг самарали технологияларини ишлаб чиқиш бўйича бир қатор илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ А-12-005 «Маҳаллий хомашёлар асосида, янги самарали коррозия ингибиторларини олиш ва уларни қўллаш» (2015-2017йй.) ва ПЗ-202008061 (2021-2023 йй) “Янги авлод олигомер антипиренларни қўллаб ёғоч қурилиш материаллари ва буюмларининг термобарқарорлигини ошириш ресурс тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш” мавзуларидаги амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** бинар тўлдирувчилар асосида термо-физик хусусиятларга эга бўлган полимер материалларни ресурстежамкор, экологик хавфсиз технологияларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

маҳаллий хом ашёлар асосида, термик барқарор хоссаларга эга бўлган бинар тўлдирувчилар билан полимерларни модификациялаш ва мақбул шароитларини аниқлаш;

маҳаллий хом ашёлар асосидаги бинар тўлдирувчилар билан полиэтилен, полипропилен, пентопласт, фтор атомли полимерлар ва эпоксид смолаларни модификациялаш натижасида ижобий термо-физик ва физик-кимёвий хусусиятларга эга бўлган полимер материалларда микроконцентрацион эффектларини илмий асослаш;

модификацияланган полимерларнинг термо-физик хусусиятлари, термобарқарорлик, ёнғинбардошлик ҳамда физик-механикавий хоссаларига бинар тўлдирувчиларнинг таъсир этиш механизмини тадқиқ этиш;

янги шакиллантирилган термик барқарор, термобарқарор полимер материалларнинг кислород индекси ва тутун ҳосил қилиш коэффициентиغا бинар тўлдирувчилар таъсир механизми ва термогравиметрик таҳлил асосида композитнинг ёнғинбардошлиги ва қавариқланиш хусусиятларни аниқлаш;

бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган термик барқарор ва термобарқарор полимер материалларнинг термо-физик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда структуравий шаклланиш механизми ўртасидаги боғлиқликнинг назарий ва экспериментал асосларини ўрнатиш;

янги таркибли ҳароратга барқарор полимер материалларни олиш технологияси ва технологик регламентини ишлаб чиқиш ҳамда амалиётда кенг қўлланилаётган аналогларга нисбатан иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти сифатида** полиэтилен, полипропилен, пентопласт, таркибида фтор атомлари бўлган полимерлар, эпоксид смоласи, бинар тўлдирувчилар ва углерод нанотрубкалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни термик ва термобарқарор хусусиятларни яхшиловчи полимер материаллари олишда полиэтилен, полипропилен, пентопласт, таркибида фтор бўлган полимерлар, эпоксид смоласи асосидаги полимер боғловчилар, каолин, вермикулит ва УНТ (углерод нанотрубкеси) асосида термик барқарорлигини оширувчи тўлдирувчилар ҳамда аддуктлар асосидаги антипиренларнинг оптимал концентрацияси, таъсир механизми ва композитларнинг иссиқлик физик хусусиятлари ҳамда кимёвий ва механик хоссаларини аниқлаш ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда ёнғиндан химояловчи қавариқланадиган полимер композитли қопламаларни янги таркибларни яратиш ва уларнинг хосса ва хусусиятларни ўрганишда инфрақизил (ИК) спектроскопия, сканерловчи электрон микроскопия (СЭМ) ва термогравиметрик (ТГ) таҳлили ҳамда кислород индекси, тутун ҳосил қилиш коэффициенти ва иссиқлик физик - механик хусусиятларини аниқлашда стандарт усуллардан фойдаланилган.

### **Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:**

каолин, вермикулит ва УНТ асосидаги бинар тўлдирувчилар билан термопластик ва терморреактив полимерларни модификациялаб термик барқарор маҳсулотлар олинган, ҳамда уларнинг мақбул нисбатлари ишлаб чиқилган;

маҳаллий хом ашёлар асосидаги бинар тўлдирувчилар билан полиэтилен, полипропилен, пентопласт, фтор атомли полимерлар ва эпоксид смолаларни модификациялаш натижасида ижобий термо-физик ва физик-кимёвий хусусиятларга эга бўлган полимер материалларда микроконцентрацион эффектлар аниқланган;

модификацияланган полимерларнинг термо-физик хусусиятлари, термобарқарорлик, ёнғинбардошлик ҳамда физик-механикавий хоссаларига бинар тўлдирувчиларнинг таъсир этиш механизми асосланган;

эпоксид смоласи ва бинар тўлдирувчилар асосида олинган полимер қопламаларнинг термо-физик, ёнғинбардошлик, ва физик-кимёвий хусусиятларига тўлдирувчиларнинг таъсири тадқиқ этилиб, уларнинг адгезияси 2,1% гача яхшиланганлиги исботланган;

бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган эпоксид смоласи асосидаги полимер қопламаларнинг техник талаблар меъёридаги кислород индекси 26% ва тутун ҳосил қилиш коэффициенти 390 м<sup>2</sup>/кг гача яхшиланганлиги исботланган;

модификацияланган полимерларнинг термофизик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг структуравий шаклланиш механизмининг назарий ва экспериментал асослари ишлаб чиқилган ҳамда кенг қўлланилаётган аналогларга нисбатан эксплуатацион хоссаларига таъсири юқори эканлиги аниқланган;

бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш технологияси ишлаб чиқилган ҳамда мазкур технология кенг фойдаланиладиган аналогларга нисбатан 21% га самарадор эканлиги техник-иктисодий асосланган.

### **Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:**

маҳаллий хом ашёлар асосидаги бинар тўлдирувчиларни олишни турли миқдорлари ва мақбул шароитлари ҳамда бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган термик барқарор, термобарқарор полимер материалларни оптимал нисбатларини аниқлаш ва физик-кимёвий, механик хоссаларига таъсири аниқланган;

термик барқарор полимер материалларнинг кислород индекси ва тутун ҳосил қилиш коэффициентига бинар тўлдирувчилар таъсири ва термогравиметрик таҳлил асосида полимер материалларнинг термик хусусиятлари аниқланган;

бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган термик барқарор полимер материалларнинг термо-физик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда структуравий шаклланиш механизми ўртасидаги боғлиқликнинг назарий ва экспериментал асослари илмий исботланган;

хароратга барқарор полимер композит материаллар маҳаллий ва иккиламчи хом ашёлардан фойдаланиб ресурстежамкор, экологик хавфсиз самарадор технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** бинар тўлдирувчилар асосидаги термик барқарор полимер қопламаларни идентификациялашда асосланган хулосалар ва тавсиялар, замонавий физик-кимёвий, физик-механик усуллардан (криоскопик таҳлил, ИҚ спектроскопия, элемент таҳлили, термогравиметрик таҳлил (ДТА, ТГА), BGD-500 электрон адгезиметр қурилмаси, кислород индекси, тутун ҳосил қилиш коэффициенти ва термо-физик) фойдаланилганлиги, бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган термик барқарор полимер материаллар асосидаги полимер композит таркиблар экспериментал ва саноат қурилмаларида синовлардан муваффақиятли ўтганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти маҳаллий хомашёларни кимёвий қайта ишлаш орқали юқори самарали, каолин, вермикулит ва УНТ асосидаги бинар тўлдирувчилар билан термопластик ва терморреактив полимерларни модификациялаб термик барқарор маҳсулотлар олинган, ҳамда уларнинг мақбул шароитлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти бинар тўлдирувчилар асосидаги кўшимчалардан фойдаланиб, хароратга барқарор полимер материалларни хоссаларни яхшиловчи кўшимчалар сифатида жорий этилганлиги, шунингдек полимерлар соҳасида қўлланиладиган хароратга барқарор полимер материалларни ишлаб чиқилган технологик схемага мувофиқ, саноат миқёсида олишга хизмат қилади

**Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши.** Бинар тўлдирувчилар билан термопластик ва терморреактив полимерларни модификациялаш асосида термик барқарор полимер қопламалар олишнинг, янги технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

каолин, қавариқланган вермикулит ва углерод нанотрубкалари асосидаги бинар тўлдирувчилар билан тўлдирилган термопластик ва терморреактив полимерлар “Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” да коррозияга барқарор полимер қопламалар сифатида амалиётга жорий қилинган (“Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”нинг 2023 йил 24 июлдаги ОП02/БО-2684-сон маълумотномаси). Натижада, бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган, юқори хароратларга чидамли полимер материалларни олишнинг самарадор технологияси ишлаб чиқиш имконини берган;

полиэтилен, полипропилен, фторполимерлар ва эпоксид смоласи асосида каолин, қавариқланган вермикулит ва углерод нанотрубкалари билан юқори даражада тўлдирилган полимерлар “Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” да иссиқликдан ҳимояловчи қопламалар сифатида амалиётга жорий қилинган (“Шуртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”нинг 2023 йил 24 июлдаги ОП02/БО-2684-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқарилган хароратга барқарор полимер материалларни иқтисодий

самарадорлиги хорижий аналогларига нисбатан ўртача 24 % га ошириш имконини берган.

бинар тўлдирувчилар билан тўлдирилган эпоксид смоласи асосидаги юқори ҳароратга чидамли полимер композициялар “Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” корхонасида ёнғиндан ҳимояловчи, термик барқарор қопламалар сифатида амалиётга жорий қилинган (“Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”нинг 2023 йил 24 июлдаги ОП02/БО-2684-сон маълумотномаси). Натижада, бинар тўлдирувчилар билан модификациялаш орқали ҳароратбардош қопламанинг механик мустаҳкамлигини 30% га ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 12 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, шулардан 2 та монография Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 14 та мақола республика ва 8 та хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил қилади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги, зарурати асосланган ва тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Диссертация мавзусига мос келадиган муаммоларнинг ўрганилганлик даражаси бўйича хорижда ва мамлакатимизда олиб борилган илмий тадқиқотлар ҳақидаги умумий маълумотлар келтирилган.

Тадқиқотнинг мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган. Шунингдек тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Дисперс тўлдирувчилар асосида полимер композит материаллар олишнинг замонавий усуллари**” деб номланган биринчи бобида жаҳонда сўнгги йилларда полимер материалларнинг физик-механик хоссалари, тўлдирувчи моддалар ҳақида тушунчалар ва уларнинг хусусиятлари, иссиқликга барқарор полимер композит қопламалар шакллантиришда модификациялашнинг самарадор технологиялари, тадқиқ этилган полимерларнинг термодинамик хусусиятларини бошқариш орқали олдиндан белгиланган мақсадга мувофиқ физика механикавий хусусиятларга эга бўлган полимер композит материаллар яратиш масалаларининг

долзарблиги кўрсатилган. Шунингдек уларни маҳаллийлаштирилиш масалалари таҳлил қилинган ва ўрганиб чиқилган.

Диссертациянинг “**Бинар тўлдирувчилар асосида полимер боғловчили композитлар олиш ва уларнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш**” деб номланган иккинчи бобида, қўлланиладиган модда ва материалларнинг хусусиятлари, тадқиқот усуллари, бинар тўлдирувчилар асосида полимер материаллар олишнинг оптимал шароитлари ва уларни физик-кимёвий хоссалари, эпоксид смоласи асосидаги иссиқликка барқарор қопламалар олиш ва уларнинг термо-физик хусусиятлари, эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан ҳимояловчи полимер композитли қопламаларни электрон-микроскоп ва элемент таҳлили тажрибалар орқали аниқланди.

### 1-жадвал

#### Каолин, вермикулит ва УНТ бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган F-0220 маркали полиэтилен (ПЭ) асосидаги полимер материалларнинг оқувчанлик кўрсаткичлари

Композициянинг таркиби	Қўшимча зарраларнинг масс.%	ПТР г/10мин (190°С; 2,16кг)
F-0220 маркали ПЭ	-	2,1
ПЭ+Каолин: УНТ 1:1	5	1,7
	10	1,5
	15	1,3
	20	1,1
ПЭ+Каолин: УНТ 0,5:1	5	1,8
	10	1,6
	15	1,4
	20	1,3
ПЭ+Каолин: УНТ 1:0,5	5	1,5
	10	1,3
	15	1,1
	20	1,0
ПЭ+Вермикулит:УНТ 1:1	5	1,9
	10	1,7
	15	1,5
	20	1,3
ПЭ+Вермикулит:УНТ 0,5:1	5	2,1
	10	2,0
	15	1,8
	20	1,7
ПЭ+Вермикулит:УНТ 1:0,5	5	1,7
	10	1,5
	15	1,3
	20	1,2

Полимерларни оқувчанлигига УНТ тўлдирувчисини таъсири юқори эканлиги ҳисобга олиниб Каолин: УНТ ва Вермикулит:УНТ асосида бинар

тўлдирувчиларни турли масса нисбатлари олиниб полимерлар билан аралашмалари тайёрланди. Унга кўра ПЭ+Каолин:УНТ 1:1; 0,5:1 ва 1:0,5 масса нисбатлардаги бинар тўлдирувчилар ҳамда ПЭ+Вермикулит:УНТ 1:1; 0,5:1 ва 1:0,5 масса нисбатлардаги бинар тўлдирувчиларни 5-20% концентрация ораликда полимер материаллар билан ҳосил қилган композитларни оқувчанлигига таъсири ўрганилди (1-жадвал).

Ўтказилган тадқиқот натижаларининг умумий таҳлиллари шуни кўрсатдики, ПЭ+Каолин, ПЭ+УНТ полимер композитларининг оқувчанлик кўрсаткичлари билан таққослаганда, ПЭ+Каолин:УНТ бинар тўлдирувчиларнинг 0,5:1 масса нисбати ҳолатида ва ПЭ+Вермикулит:УНТ бинар тўлдирувчилари 0,5:1 масса нисбатларидаги ҳолатларида сезиларли даражада юқори оқувчанлик кўрсаткичи ҳосил бўлганлиги қайд этилди.

Суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичини ҳисобга олиш полимер материалларни қайта ишлашда, уларни эксплуатация қилишда тегишли усул ва ишлов бериш режимларини танлашда ёрдам беради. Шуни таъкидлаш керакки, 170-220°C ҳароратларда ПЭ таркибига тўлдирувчи киритилиши билан, дастлаб ҳарорат таъсирида полимерни оқувчанлиги сезиларли ўзгармайди, кейин эса тўлдирувчи миқдори (ПЭ+Каолин:УНТ) 5-10 мас. % бўлганда ҳарорат таъсирида аралашманинг оқувчанлиги миқдори 2,1-2,5 г/минга тенг бўлса, 15-20% да 1,8-1,3 г/минга камайганлиги аниқланди. Термобарқарор тўлдирувчининг миқдори 20-30 масс% га етганда ҳароратнинг ўзгаришига боғлиқ равишда полимерларнинг оқувчанлиги сезиларли ошиб борганлиги аниқланди.

Тадқиқот натижаларидан кўриниб турибдики, суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи тўлдирувчи миқдори 30 масс.% ва ўлчами 10-15 мкмга етганда кам ўзгарди. Бундан шу хулоса келиб чиқадики, компаундларнинг ҳарорати таъсирида полимерларни оқувчанлиги тўлдирувчининг табиатига боғлиқ бўлиб, шу боисдан ПЭ+Вермикулит:УНТ нисбатлардаги термобарқарор полимер материалларнинг оқувчанлик кўрсаткичи 10-20 мас.% да дастлабки намунага нисбатан кам (2.1-1.7 г/мин) ўзгариши аниқланди.

Каолин, Вермикулит ва УНТ бинар тўлдирувчилар билан полипропиленни модификациялаш натижасида полимернинг оқувчанлиги нисбатан ёмонлашганлигини кузатиш мумкин. Хусусан, ПТР<sub>2,16</sub> кўрсаткич қийматларининг пасайиши аниқланди ва бу композитнинг қовушқоқлиги ошганлигидан далолат беради. Шубҳасиз, бу полимер тузилиши ёки бошқа томондан, қаттиқ фазали тўлдирувчи функциясини бажарадиган Каолин, Вермикулит ва УНТ термобарқарор таркиб юқори концентрацияси натижасида қаттиқ фазали бирикмалари туфайли эритма қовушқоқлигининг пасайиши билан бирга композитнинг физик - механик хусусиятлари ҳам ўзгариб боради. 2-жадвалда композитларни Реологик, физик ва механик хусусиятлар келтирилган. ПТР қийматлари бўйича баҳоланган полипропилен (ПП) билан Каолин: УНТ (0,5:1), Вермикулит:УНТ (1:1), Вермикулит:Каолин (0,5:1) ва Каолин:Вермикулит: УНТ (0,5:1:1) турли нисбатлардаги бинар тўлдирувчилар асосида полимер композициясининг реологик хусусиятлари ўрганилган бўлиб

Вермикулит:УНТ (1:1) бинар тўлдирувчилар бошқа нисбатларга қараганда энг юқори кўрсаткичга эга эканлиги аниқланди. Ушбу тўлдирувчиларлар таркибидаги металл гуруҳлари ёниш жараёнида полимер юзасида кокс қатлам ҳосил қилади, бу эса иссиқлик ўтказиш ва алангани тарқалишига таъсир этади. Маълумки, термобарқарор тўлдирувчилардан олинган маълум комплекс технологик ва эксплуатацион характеристикаларга эга бўлган материаллар олиш учун уларни модификация қилишда кенг қўлланилади. Одатда, полимер асос ва тўлдирувчи ўртасидаги адгезияни ошириш учун модификаторлар қўлланилади. Бундай модификаторлар сифатида кўпинча, полисулфид асосидаги каучуклар фойдаланилади.

## 2-жадвал

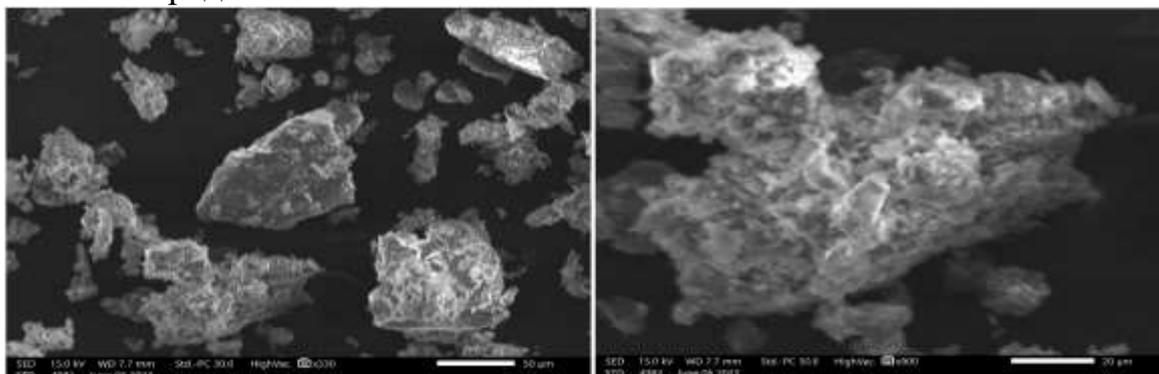
### Каолин, Вермикулит ва УНТ қўшимча билан модификацияланган L-270A маркали полипропилен (ПП) асосидаги полимер материалларнинг оқувчанлик кўрсаткичи

Композициянинг таркиби	Қўшимча зарраларнинг (мкм) масс. %	ПТР г/10мин (210°С; 2,16кг)
L-270A маркали ПП		,9
ПП : Каолин: УНТ (0,5:1)		
ПП : Вермикулит:УНТ (1:1)		
ПП : Вермикулит: Каолин (0,5:1)		
ПП: Каолин: Вермикулит: УНТ (0,5:1:1)		2 1 5

Полипропилен яхши термомеканик хусусиятларга эга, у термопласталар орасида етакчи ўринни эгаллайди ва ундан термобарқарор қопламаларни ишлаб чиқаришда фойдаланиш мумкин.

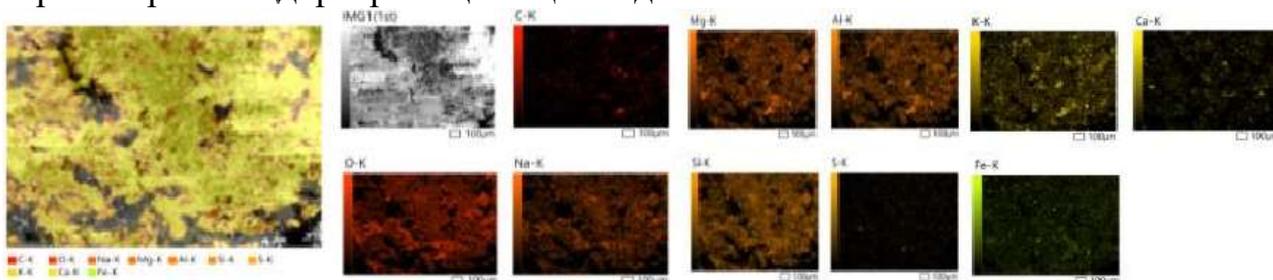
Турли нисбатлардаги бинар тўлдирувчилар асосида тўлдирувчи миқдори Каолин:УНТ (0,5:1), Вермикулит:УНТ (1:1), Вермикулит:Каолин (0,5:1) ва Каолин : Вермикулит: УНТ (0,5:1:1) турли нисбатларда бўлганда полипропилен таркибига 5-10мас.% миқдорда муайян ҳароратда полимернинг оқувчанлиги миқдори 26,9 г/минга тенг бўлганда, 15-20% Вермикулит:УНТ (1:1) бинар тўлдирувчилар киритилганда оқувчанлиги миқдори 25,3-20,5 г/минга камайганлиги аниқланди.

**Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламаларни электрон-микроскоп ва элемент таҳлили.** Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композит қопламани сканерли электрон микроскоп ва элемент таҳлилларини тадқиқ этиш орқали полимер композит таркибидаги моддаларни бир хилда тарқалиши ҳамда таъсир этиш механизмларни ўрганиш имконини беради.



**1-расм. Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламалар юзасининг микроскопик таҳлили.**

Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композит қопламани электрон микроскоп таҳлили шуни кўрсатадики 1-расмда полимер композитларни ташқи кўриниши ҳамда гомоген масса ҳосил қилиши ушбу турдаги акрил асосидаги сополимерларни бир нечта кимёвий моддалар билан композитларни ҳосил қилишда кукунли моддаларни 25-30 мкм дан кичик бўлиши унинг физик-механик хоссаларни яхшиланишига катта таъсир этади. Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламаларни элемент таҳлиллари 2-расмларда иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламалар структурасида бир хил даражада кимёвий моддаларнинг заррачалари борлиги ва тақсимланганлиги аниқланиб элемент таҳлил ёрдамида ушбу кимёвий таркибларни миқдорлари таҳлил қилинди.



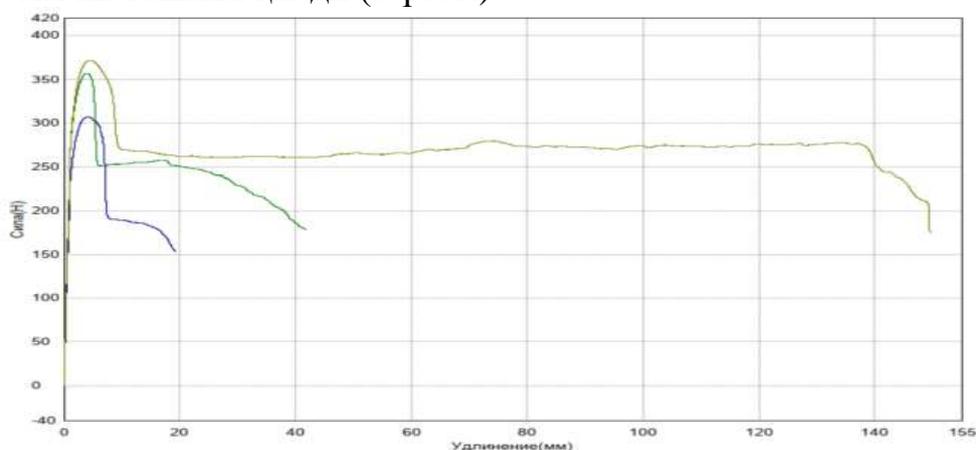
**2-расм. Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламаларни юқори эффектли электрон-микроскоп таҳлили.**

Диссертация ишининг “**Бинар тўлдирувчилар асосида олинган иссиқликга барқарор полимер материалларни термо-физик хоссаларини тадқиқ қилиш**” деб номланган учинчи бобида полимер материалларни физик-механик хоссаларни тадқиқ этишдан иборат бўлиб асосан эпоксид

смоласи асосида олинган композининг дифференциал термик таҳлили, термомеханик хоссалари ва полимер материалларни термобарқарорлик хусусиятларни тадқиқ этилган. Бундан ташқари углерод нанотрубкеси билан модификацияланган полимер материалларни физик-механик хоссалари, графит ва суюқ шишага асосланган материалнинг тузилиши ва термо-физик хусусиятлари ҳамда полимер материалларнинг термофизик хусусиятларини ўрганиш методларини метрологик таҳлил қилинган.

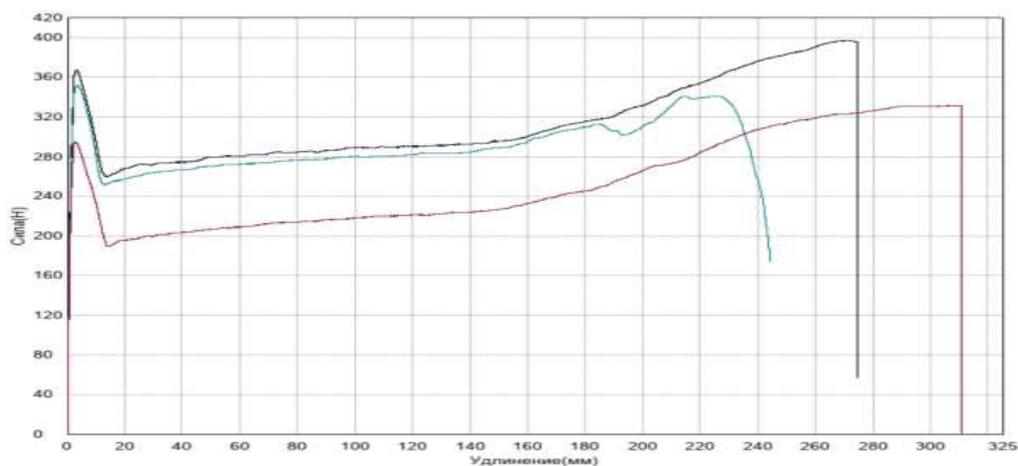
**Углерод нанотрубкеси билан модификацияланган полимер материалларни физик-механик хоссаларини ўрганиш.** Полимерлар асосидаги композицион материалларнинг физик-механик хоссалари модификатор зарраларининг бир текис тақсимланиши, модификатор зарраларининг агломерацияга қобилияти ва полимер ва модификаторнинг термодинамик мувофиқлиги билан аниқланганлиги учун, камида модификатор зарраларининг юқори даражада тенг тақсимланиши ва агломерацияга қобилиятини йўқ қилишга қодир оптимал технологик режимни белгилаб олиш керак бўлади. Шу билан бирга, ўзгарадиган параметрлар қуйидагилар: пластикация босими Тизим сифатида 1мас. % УНТ қўшимчали ППдан фойдаланилди, бу олдинги бўлимда белгилангани каби, физик-механик хоссалар оптимумига тўғри келади.

Фойдаланилган намуналар таркиби: (0,1-1)% гача Вермикулит:УНТ (1:1), L-270А марка полпропилен 99.5 %. 364 Нютон куч билан тортилганда чўзилиш 150.3 мм ни ташкил қилди; 350 Нютон куч билан тортилганда, чўзилиш 43,5 мм ни ташкил қилди; 300 Нютон куч билан тортилганда, чўзилиш 19 мм ни ташкил қилди (3-расм).



**3-расм. ПП – Вермикулит:УНТ (1:1): композитининг узилишгача чўзилишининг УНТ масса улушига боғлиқлиги 1. 0.1%; 2. 0.5%; 3. 1%.**

Фойдаланилган намуна таркиби 0.1 дан 1 %гача % Вермикулит:УНТ (1:1) ва JM-350 марка полипропилен 99 %.: намуна 291 Нютон куч билан тортилганда, чўзилиш 312 мм ни ташкил қилди; намуна 352 Нютон куч билан тортилганда, чўзилиш 245 мм ни ташкил қилди; намуна 363 Нютон куч билан тортилганда, чўзилиш 277 мм ни ташкил қилди (4-расм).



**4-расм. ПЭ – Вермикулит:УНТ (1:1) композитининг узилишгача чўзилишининг УНТ масса улушига боғлиқлиги 1. 0.1%; 2. 0.5%; 3. 1%.**

Диссертация ишининг “Турли дисперс тўлдирувчилар асосида модификацияланган полимер материалларининг термо- физик хусусиятларининг илмий асослари” деб номланган тўртинчи бобида ПТФЕ асосидаги кўп компонентли полимер материалларнинг термофизик хусусиятлари, изотактик полипропиленнинг эриш кинетикаси ва термодинамик параметрлари ёритилган. Пентопластнинг изотермик кристалланиши параметрларига углерод зарраларининг таъсири, баъзи кутбли мономерлар билан этилен сополимерларининг иссиқлик ўтказувчанлиги, таркибида фтор бўлган полимерларнинг термофизик ва физик-механик хусусиятларини комплекс тадқиқ этилган. Шунингдек графен-2 углерод толаси билан тўлдирилган пентапластнинг термофизик хусусиятларини ўрганишда микро концентрацияланган эффектнинг намоён бўлиши ва молекуляр силжишларнинг модификацияланган полимер материалларнинг термик барқарорлигига таъсирлари ўрганилди ва бундан ташқари, термостабил қопламалар ишлаб чиқаришнинг юқори самарали технологиялари таҳлил қилинди.

**Дисперс минерал тўлдирувчи моддаларининг полипропилен асосидаги композицияларнинг термофизик ва эластик хусусиятларига таъсири.** Полимерларнинг хусусиятларини мақсадга мувофиқ ўзгартиришнинг самарали усулларида бири, маълумки, уларга турли хил тўлдирувчи моддаларини киритишдир. Қисман кристалли полимерларнинг структураси ва термофизик хусусиятларига тўлдирувчи моддаларининг мумкин бўлган таъсир доирасини кенгайтириш учун полимерга бир вақтнинг ўзида турли хил табиат ва хусусиятларга эга бўлган минерал дисперс тўлдирувчиларни киритиш орқали сезиларли даражада натижаларга эришиш мумкин. Шундай қилиб, биз тажрибаларимизда 21060 маркали саноат изотактик полипропилен (ПП) учун ўлчамлари 10 дан 60 микронгача бўлган СКМС-30 асосидаги вулканизацияланган каучук чиқиндиларини эластик-деформацияли силлиқлаш натижасида олинган микродисперсли бўр ва каучук кукуни (КК) лар тўлдирувчи сифатида ишлатилди.

Намуналарнинг бир партияси ПП+КК, иккинчиси уч компонентли ПП+бўр+КК тизимидан иборат бўлган. Тадқиқот учун композициялар

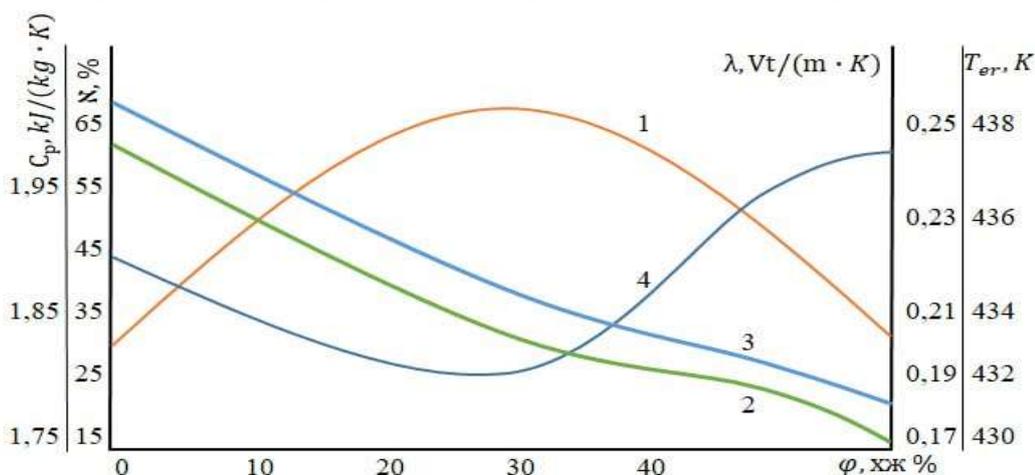
ПП га мос келадиган техник шартларга мувофиқ «Bra-binder» туридаги экструдерда олинган ва тадқиқотлар термофизик ва ултратовуш усулларида амалга оширилди. Натижада, солиштирма иссиқлик сиғими  $C_p$  нинг иссиқлик ўтказувчанлик  $\lambda$  нинг, кристаллик даражаси  $\chi$  нинг, эластиклик динамик модули  $E$  нинг ва механик исрофнинг тангенс  $tg(\varphi)$  бурчаги каби параметрларнинг тўлдирувчилар концентрацияга боғлиқлигини аниқлаш учун синов тажриба ишлари ўтказилган. Бунда  $C_p$  нинг ўлчов хатоси 3,5%,  $\lambda$  ники 8%,  $\chi$  ники 5%,  $E$  ники 10%, механик йўқотишлар бурчаги  $tg(\varphi)$  ники 10% ни ташкил этди.

### 3-жадвал

#### Компонентларнинг волюметрик нисбатлари фоизларда

ПП	80	60	50	80	80	10	10	10
Бўр	-	-		20	15	10	5	-
КК	20	40		-	5		5	20

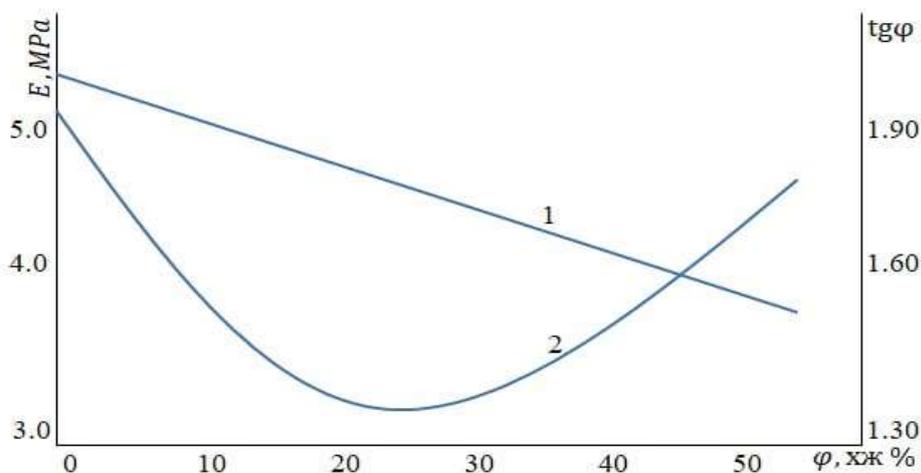
Эластомер миқдори 20% гача бўлган ПП+КК таркибли композициялар учун иссиқлик ўтказувчанлигининг 0,21 дан 0,18  $Vt/(m \times K)$  гача пасайиши ва  $C_p$  нинг ошиши 5-расмда кўрсатилган.  $C_p$  даги бундай ўзгаришлар иссиқлик оқимининг қўшимча тарқалиш марказлари бўлган кўп сонли полимер-тўлдирувчи чегара қатламлар пайдо бўлиши билан изоҳланади. Шу билан бирга, полимер матрицасидаги тартибсиз шаклланишлар сони тез ўсиб боради, бу эса кристаллик даражасининг пасайиши ҳамда эриш  $T_{er}$  хароратининг пайдо бўлишидан далолат беради. Натижада Юнгнинг эластиклик модули тўлдирувчи таркибининг бутун диапазонида камаяди (5,6-расмлар). Резина (КК) кукунининг миқдори ~ 20% га етганда композит таркибидаги  $tg(\varphi)$  минимал даражага етади. Бу жуда кутилмаган эффект бўлиб, у кристалланувчи полимер ва эластомернинг морфологик шаклланишлари ўртасидаги ўзига хос ўзаро таъсирларнинг натижаси бўлиши мумкин.



**5-расм.  $C_p$  (1), 2), эриш нуқтаси ( $T_{er}$ ) (3) ва  $\lambda$  (4) ларнинг ПП+КК асосидаги композицияларнинг таркибига боғлиқлиги.**

Каучук кукуни таркибининг янада ошиши иссиқлик ўтказувчанлигининг ошишига олиб келади. Шу билан бирга, 5,6-расмлардан кўриниб турибдики, композитда  $C_p$  нинг камаяйиши содир

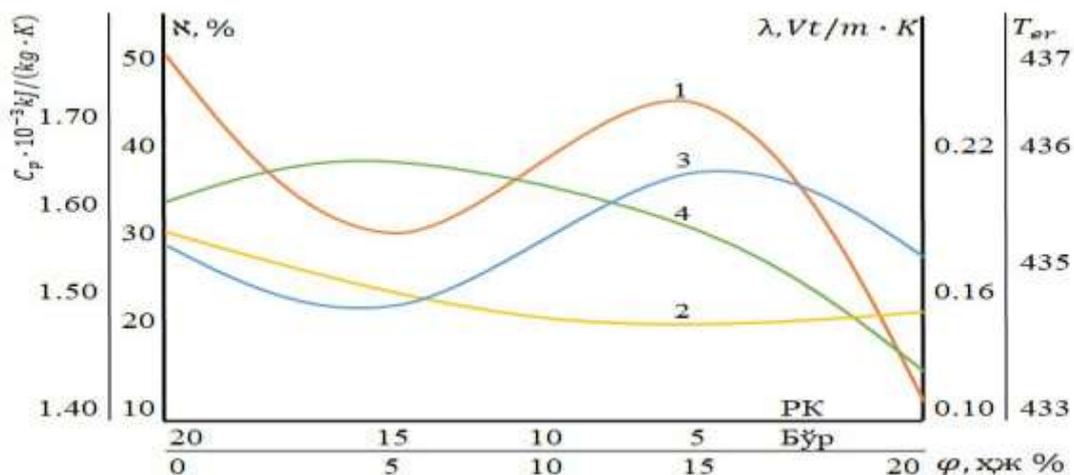
бўлади. Шу билан бир қатрда кристаллик даражаси ва эриш нуқтасининг пасайиш тезлиги ҳам секинлашади. Бу ўзгаришлар: биринчидан ПП матрицасидаги структуравий ўзгаришлар туфайли, иккинчидан, тўлдирувчи моддасининг иссиқлик ўтказувчанлик жараёнига қўшган хиссаси туфайли содир бўлади деб тушинтириш мумкин.



**6-расм. Е (1) ва tg(φ) (2) нинг ПП+КК асосидаги композициялар таркибига боғлиқлиги.**

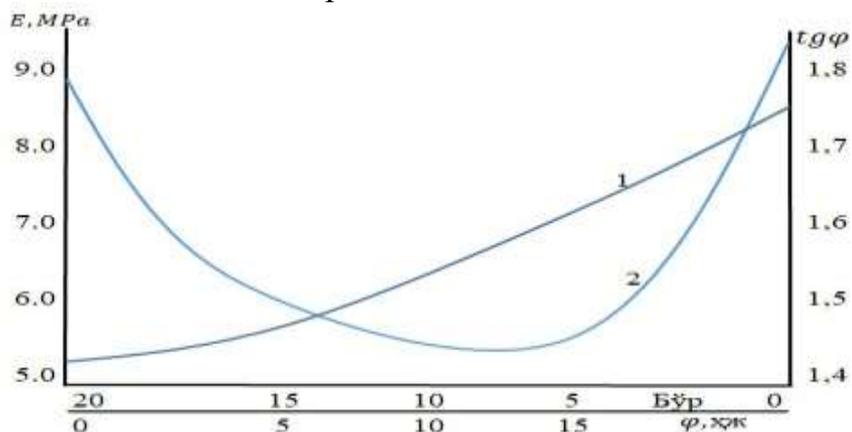
ПП+бўр+КК уч компонентли таркиби бўлса, иссиқлик ўтказувчанлиги минерал тўлдирувчи таркиби оралиғида камаяди. Фақат ~5% бўр борлигида  $\lambda=f(\varphi)$  эгри чизиги паст максималдан ўтади. Шу билан бирга, тўлдирувчи таркибининг функцияси сифатида солиштирма иссиқлик сиғими аниқ минимал даражага эга. Солиштирма иссиқлик сиғимининг ошиши, бўр миқдорининг (5-15)% концентрациясида кристаллик даражасининг пасайиши (6-расм) ПП матрицасида тартибсиз худудлар сонининг кўпайишини, шунингдек, бўр зарраларининг кўпайиши туфайли унинг кристалланиш жараёнларининг секинлашишини кўрсатади.

Акустик тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, бўр таркибининг кўпайиши ва шунга мос равишда каучук кукунининг камайиши билан тўлдирувчи таркибининг бутун диапазонида Юнг модулининг ошиши кузатилади (7-расм). Юнг модулининг бундай ошиши кўп миқдордаги дисперс минерал зарралар мавжудлиги сабабли эластомер зарралари ҳажмининг пасайиши боғлаб тушинтирилади.



**7-расм  $C_p$  (1),  $\chi$  (2), эриш нуқтаси ( $T_{gr}$ ) (3) ва  $\lambda$  (4) ларнинг ПП+КК асосидаги композицияларнинг таркибига боғлиқлиги.**

Эластик ва минерал тўлдирувчиларнинг полипропилен матричасини структура параметрлари ва хоссаларига турлича таъсирининг характерлари аниқланган. Полипропиленга эластик ва минерал тўлдирувчилар аралашмаларини киритиш кенг қўламли термофизик хоссаларига ва эластик ёпишқоқлик характеристикаларига эга бўлган ўта тўлдирилган композицияларни олишга имкон беради.



**8-расм. E (1) ва  $tg(\delta)$  (2) нинг ПП+КК+бўр асосидаги композициялар таркибига боғлиқлиги.**

Шундай қилиб, полипропиленга дисперс тўлдирувчи моддасининг киритилиши эластиклик модулининг маълум бир пасайишига олиб келади, бу аниқ полимер ва тўлдирувчи моддалари ўртасидаги адгезия ўзаро таъсирининг КК мавжудлигида бузилиш билан боғлиқ.

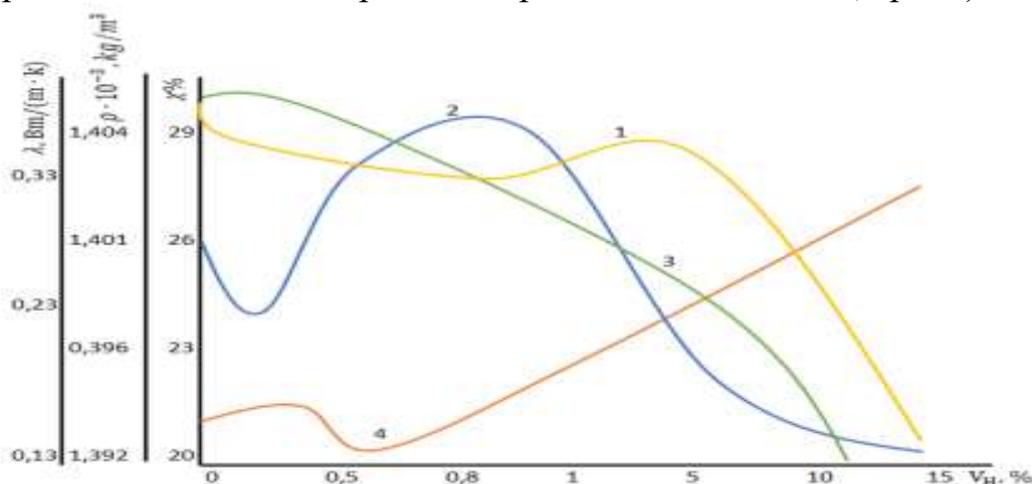
Юқори молекуляр ҳаракатчанликка эга бўлган эластик тўлдирувчи ПП да кристалланиш тезлигини пасайтиради, бу эса полимер матричасининг аморфизациясига олиб келади. Таркибда калций карбонатнинг (бўр) мавжудлиги унинг коагуляцион шаклланиши билан алоҳида эластомер зарраларини "СИҚИЛИШ" таъсирининг пайдо бўлишига олиб келади, бунинг натижаси бўр таркибининг ошиши билан Юнг модулининг ошиши тушинтирилади. Полипропиленга эластик ва минерал тўлдирувчи аралашмаларининг киритилиши машинасозлик ва

бошқа соҳаларда қўлланилиши мумкин бўлган кенг кўламли термофизик хусусиятларга ва эластик хусусиятларга эга юқори даражада тўлдирилган композицияларни олиш имконини беради.

Грален-2 углерод толаси билан тўлдирилган пентапластнинг термофизик хусусиятларини ўрганишда микро концентранган эффектнинг намоён бўлиши. Биринчидан, грален-2 углерод толали тўлдирувчининг пентапластнинг тузилиши ва термофизик хусусиятларига таъсири, иккинчидан тўлдирилган ва тўлдирилмаган пентапластнинг тузилиши ва термофизик хусусиятларига тавланиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.

Намуналар босим остида иссиқ пресслаш орқали олинган. Хона ҳароратида намуналарнинг зичлигини ўлчаш изооктанда гидростатик тортиш орқали амалга оширилди, қобул этилган асосий хато чегараси 0,1% дан ошмади. Композицияларнинг иссиқлик ўтказувчанлигининг ҳароратга боғлиқлигини ўрганиш динамик калориметр усули билан амалга оширилди. Усул ҳарорат майдони доимий бўлиб қолганда режимда ингичка пластинкани монотон иситишнинг мунтазамлигига асосланади ва бу ўлчашларда қобул этилган асосий хато чегараси 6-8% ни ташкил этди.

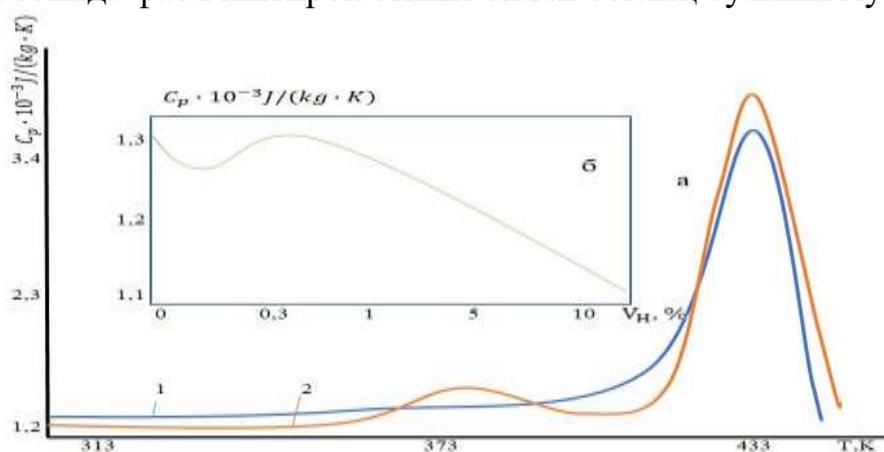
Солиштирма иссиқлик сиғимининг қийматларини аниқлаш учун термал таҳлил усули ишлатилган, бу атроф-муҳит билан иссиқлик алмашинувини йўқ қилишга эмас, балки доимий иситиш пайтида ўрганилаётган объект томонидан олинган иссиқлик оқимини тўғридан-тўғри ўлчашга асосланган оптимал режим эканлиги экспериментал равишда аниқланди (9-расм).



**9-расм. Грален-2 углерод толаси билан тўлдирилган пентапластнинг зичлиги ( $\rho$ ) нинг (1),  $\chi$  сининг тавланишдан олдинги (2), тавланишдан кейинги концентрациясига боғлиқлик эгри чизиқлари (3) ва  $T=323K$  да иссиқлик ўтказувчанлик ( $\lambda$ ) нинг ўзгариш эгри чизиғи (4)**

0,03-0,05 К/с тезликда иситиш ўрганилаётган объект иситиш ва фазали трансформациялар учун зарур бўлган иссиқликни фақат калориметрдан иссиқлик алмашинуви туфайли олади, яъни ишлатиладиган соф диатермик шароитлар муаммони баён қилишнинг соддалигини таъминлайди. Муаммонинг ечими калориметр доимий тезликда қиздирилганда (бизнинг ҳолатларимизда 0,04 К/с) ўрнатиладиган квазистационар режим қонунларига асосланади. Хатолик чегараси 2,5% дан ошмади, ишонч еҳтимоли 0,95 га тенг.

Натижаларни таҳлил қилиш барча ўлчанган хусусиятларнинг боғлиқликларига микроконцентрация таъсирининг мавжудлигини кўрсатди: матрицанинг зичлиги ( $\rho_m$ ), тавланишдан олдин ва кейин солиштирма иссиқлик сиғими ( $C_p$ ), иссиқлик ўтказувчанлиги ( $\lambda$ ), кристаллик даражаси ( $\chi$ ), тавланган намуналарнинг ериш нуқтаси ( $T_{er}$ ). 0,1-1% концентрация диапазони пентапластнинг тўлдирувчи толалари билан фаол ўзаро таъсирга тўғри келади ва бунда сунъий ядролар сонини кўпайтириш жараёнлари ва уларнинг тўлдирувчи толалари бўйлаб йўналиши барқарорлашуви юзага келади. 1) 0,1-0,3% концентрацияси оралиғида, шунингдек солиштирма иссиқлик сиғими минималари пайдо бўлиши учун (10 б-расм), кристалланиш даражаси (10 а-расм) 0,1% тўлдирувчи концентрациясида. 0,3% қўшимчалар концентрациясида максимал солиштирма иссиқлик сиғими кузатилади. 0,5-1% қўшимчаларнинг концентрация оралиғида макромолекулаларнинг тўлдирувчи сирти билан ўзаро таъсири туфайли сегментал ҳаракатчанлигини чеклаш грилен толаларининг йўналтирувчи таъсирдан юқори туради. Шу билан бирга, матрицанинг зичлиги ва иссиқлик ўтказувчанлиги пасаяди. Тўлдирувчи концентрациясининг ошиши билан, бир томондан, кристаллик даражасининг ошиши ва макромолекулаларнинг ҳаракатчанлигини чеклаш, бошқа томондан, матрица зичлигининг пасайиши билан изоҳланади, улар барқарорлашади, кристаллик даражаси еса камаяди. Бу ўзига хос хусусиятларга ега бўлган чегара қатламларида боғловчи концентрациясининг ушбу диапазонда фаол иштирок етиши билан боғлиқ бўлиши мумкин.



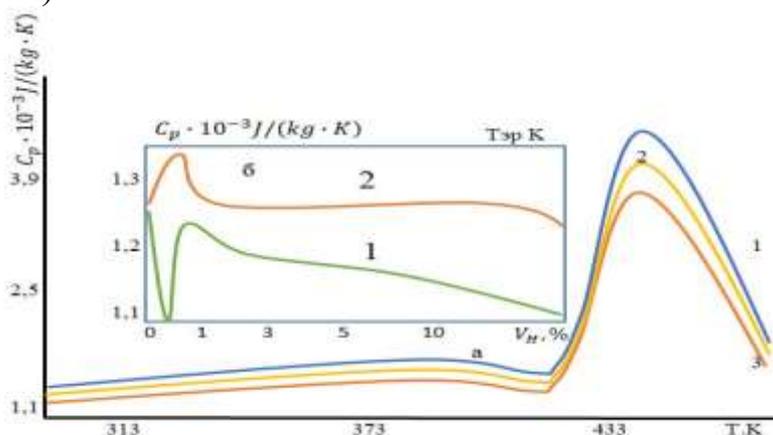
**10-расм. Пентапластнинг (1) ва (2) тавланишидан олдин (а) солиштирма иссиқлик сиғимининг ҳароратга боғлиқлиги; грилен-2 углерод толаси билан тўлдирилган пентапластнинг 323 К даги солиштирма иссиқлик сиғимининг концентрацияга боғлиқлиги-(б).**

Қўшимчаларнинг 10% дан юқори қийматларида, боғловчи полимернинг аморфланиш жараёнлари матрица зичлигининг сезиларли пасайишига олиб келади. Бундан ташқари, иссиқлик ўтказувчанлиги бундан мустасно, барча ўрганилган параметрларнинг концентрацияга боғлиқлигининг монотон пасайиши мавжуд. Бу пасайишни нафақат боғловчини аморфланиш жараёни, балки тўлдирувчи зарраларининг иссиқлик ўтказувчанлигига қўшимчалар улушининг ошиши туфайли иссиқлик алмашинувининг кучайиши билан ҳам изоҳлаш мумкин. Қўшимчаларнинг 3% дан юқори композицияларнинг

иссиқлик ўтказувчанлиги бутунлай юқори ўтказувчан тўлдирувчи моддасининг қўшимча ҳиссаси билан белгиланади. Биз пентапластнинг структурасига ва термофизик хусусиятларига комбинацияланган таъсир, гранлен-2 тўлдирувчи моддасини киритиш ва кетма-кет изотермик тавланиш бўйича тадқиқотлар ўтказдик. Намуналар саккиз соат давомида 443 К ва тўрт соат давомида 413 К ҳароратда кетма-кет изотермик тавланишга дучор бўлди. Тавланиш вақтини танлаш, бу ҳароратларда структуравий ўзгаришлар жараёни белгиланган вақтга қадар тўйинганликка етиши билан боғлиқ.

Юқори ва паст ҳароратли тавланиш пайтида юзага келадиган таркибий ўзгаришлар ўзаро мустақил бўлганлиги сабабли, улар бошқа юқоримолекуляр даражага эгадир. 413К ҳароратда тавланиш композициянинг асосий кристалли тузилишини ўзгартирмайди. Эндотермик эриш чўққиси ўзгармайди. Тавланиш ҳароратига мос келадиган ҳароратда солиштирма иссиқлик сиғими сезиларли даражада ошади (11а, 11б-расм). Кўриниб турибдики, тавланиш таъсири остида пентапластнинг аморф қисми тартиблана бошлайди. Бу ҳолда ҳосил бўлган структуравий шакллар ҳарорати уларнинг ҳосил бўлиш ҳароратидан ошиб кетганда деструкцияланиш бошланади.  $T=443\text{K}$  да тавланиш композицияларнинг асосий кристалли тузилишида сезиларли ўзгаришларга олиб келади. Асосий эндотермик эриш чўққисининг майдони ортади (11а, 11б-расм). Тўлдирилмаган намуна учун бу ўсиш тахминан 15% ни ташкил қилади.

Паст концентрацияларда (0,5% гача) тавланган ва тавланмаган намуналарнинг эриш чўққилари майдонларидаги фарқ 20% гача ошади. Тўлдирувчи концентрациясининг янада ошиши билан тавланиш эндотермик чўққининг майдонига сезиларли таъсир кўрсатмайди, бунинг сабаби шундаки, тавланиш паст концентрацияли (0,5% гача) қўшимчалар минтақасида кристаллик даражасини сезиларли даражада оширади ва бу концентрациялардан юқорида деярли кристаллик даражасига таъсир қилмайди (11-расм).



**11-расм. Углерод толаси билан тўлдирилган пентапластнинг солиштирма иссиқлик сиғимининг ҳароратга боғлиқлиги**

Бундан ташқари, 0,1-0,5% концентрацияларда композицияларнинг эриш нуқтаси ортади (эндотермик чўққи юқори ҳарорат томон силжийди) (11 а, б-расм). Еҳтимол, бу ўсиш катта кристалли структуранинг шаклланиши туфайли

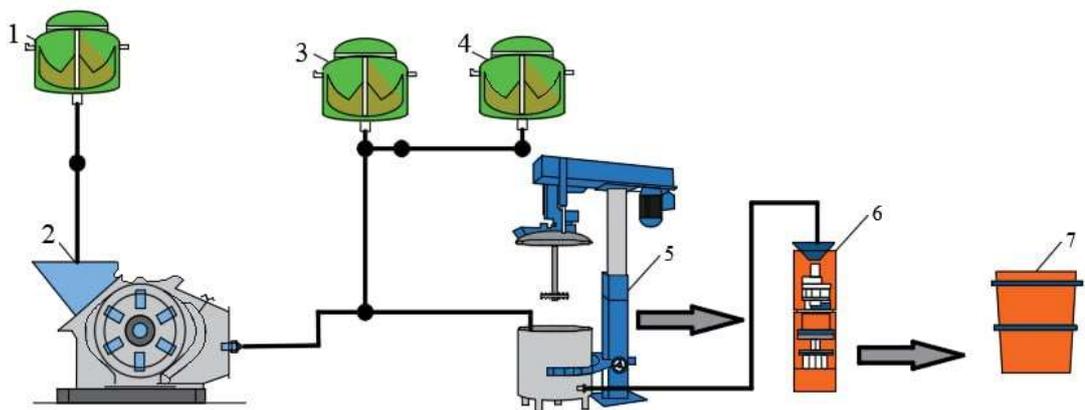
юзага келади. 1% дан юқори тўлдирувчи концентрациясида ериш нуктаси деярли ўзгармайди ва тўлдирилмаган пентапластнинг  $T_{er}$  га тўғри келади.

Тавланган ва тавланмаган намуналарнинг солиштирма иссиқлик сиғимининг концентрацияга боғлиқлиги фақат кичик mass.% тўлдирувчи қўшимчалари соҳасида сезиларли даражада фарқ қилади (11 а, б-расм). Қўшимчаларнинг 0,3% концентрациясида тавланган намунанинг қолдиқ иссиқлик сиғими тавланмаган намунага нисбатан сезиларли даражада камаяди. Солиштирма иссиқлик сиғимининг максимал боғлиқлиги ёнмаган намуна учун 0,3% дан тавланган намуна учун 0,5% гача тавланган намуна учун 0,5% гача силжийди. Бу, шубҳасиз, юқори ҳароратли тавланиш билан боғлиқ бўлиб, бу асосий кристалл тузилишини тартибга солишга олиб келди.

Грален-2 толали углерод тўлдирувчи моддасининг пентапластнинг термофизик хусусиятларига модификация қилувчи таъсири тўлдирувчи моддасининг паст концентрациясида энг самарали эканлиги аниқланди. 443 ва 413 К да кетма-кет тавланиш асосий кристалл тузилишини ҳам, ёмон тартибланган аморф кристаллараро ҳудудларни ҳам ўзгартиради, тавланиш еса кичик mass.% тўлдирувчи қўшимчалари билан тўлдирилган пентапластдаги таркибий ўзгаришларга энг сезиларли таъсир кўрсатади.

Диссертациянинг **“Бинар тўлдирувчилар асосида иссиқликга барқарор полимер материаллар олишнинг экологик - иқтисодий самарадор технологиясини ишлаб чиқиш”** деб номланган бешинчи бобида эпоксид смоласи асосидаги иссиқликдан ҳимояловчи полимер композитли қопламаларни самарадор технологиясини ишлаб чиқиш, полимер қопламаларни ишлаб чиқариш шароитида синов тажриба жараёнларни тадқиқ этиш, маҳаллий хомашёлар асосида ВЭП-3 маркали иссиқликдан ҳимояловчи, полимер композитларни олишнинг иқтисодий самарадорлигини ишлаб чиқиш, графит асосида углерод нанотрубкаларини олишнинг иқтисодий самарадор технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда углерод нанотрубка ишлаб чиқаришнинг техник – иқтисодий самарадорлиги тадқиқ этилган.

**Эпоксид смоласи асосидаги иссиқликдан ҳимояловчи полимер компонентли қопламаларни самарадор технологиясини ишлаб чиқиш.** Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали полимер композит олишнинг технологик схемасида: 1- каварикланган вермикулит, 2- майдалагич, 3- эпоксид симоласи 4- ПЕПА солиниб, сўнгра ҳарорат 20-22°C келтирилади. Кейинги босқичда диссольтвер (1400-1600 айл/дақиқада) қурилмаси ёрдамида иссиқликдан ҳимояловчи полимер компонентли қопламанинг таркибидаги тўлдирувчи моддалари бир текисда тарқалишини таъминлаш мақсадида иссиқликга чидамли қопламалар учун мўлжалланган стандарт талабларга мослаштирилади. Ушбу жараён 22°C ҳароратда 1-1.5 соат давом этади ва ҳосил бўлган полимер композит маҳсус жиҳозлар ёрдамида қадоқланади. Ҳосил бўлган маҳсулот полимер материаллардан тайёрланган маҳсус идишда (полимер композит ҳамда қотирувчи учун) сақланади. Технологик жараён 4-жадвалда келтирилган.



**12-расм. Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан ҳимояловчи полимер композитли қопламалар олишнинг технологик схемаси.**

(1)қавариқланган вермикулит учун сиғим; (2) майдалагич; (3) эпоксид смоласи учун сиғим; (4) ПЭПА учун сиғим; (5)аралаштиргич диссольтвер (1000-1300 айл/дақиқада); (7) тайёр маҳсулотларни (полимер композит ҳамда қотирувчи учун) сақлаш учун сиғимлар. Эпоксид смоласи ва қавариқланган вермикулит асосидаги иссиқликдан ҳимояловчи полимер композитли қопламалар таркиблардан иборат бўлиб тайёр маҳсулотни қотириш учун полимер боғловчилар массасига нисбатан 4.8 – 5 % (ПЭПА) қўшилиб 15-20 дақиқа давомида аралаштирилади.

**Маҳаллий хомашёлар асосида ВЭП-3 маркали иссиқликдан ҳимояловчи, полимер композитларни олишнинг иқтисодий самарадорлигини асослаш.** Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали полимер композитни иқтисодий самарадорлигини баҳолашда таннархни аналоглар сифатида республикаимизда қўлланилиб келинаётган FLAMER® ЭП (Россия) маркали қопламаларнинг нархи билан таққосланади. 4-жадвалда келтирилган маълумотларга кўра 1 тонна ВЭП-3 маркали полимер композит олиш учун эпоксид смоласи ЭД-20 ва қотирувчи ПЭПА нинг умумий нархи 35 650 000 сўмни ташкил этади. Бундан ташқари қавариқланган вермикулитни нархи 5 000 000 сўмни ташкил этади. 1 тонна ВЭП-3 маркали иссиқликдан ҳимояловчи полимер композит қопламалар хомашё нархи 40 650 000 сўмни ташкил этиб ишлаб чиқаришнинг умумий харажатлари 4-жадвалда келтирилган.

**4 – жадвал**

**1 тонна эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3маркали полимер композитли қопламаларни ишлаб чиқариш учун хомашёлар нархи**

1т (1000кг) ВЭП-3 маркали композит	%	Микдор 1 кг/сўм	Микдор 1т/сўм
Эпоксид смоласи ЭД-20	45%	77 000	34 650 000
ПЭПА	5%	20 000	1 000 000
Вермикулит	50%	10 000	5 000 000
Умумий	100%		40 650 000

**1 тонна эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3маркали иссиқликдан химояловчи қопламаларни ишлаб чиқаришнинг умумий харажатлари**

<b>Номланиши</b>	<b>Нархи, сўм</b>
Иш ҳақи, сум/1 кун	100 000
Ягона ижтимоий тўлов 12%	12 000
ВЭП-3 маркали композит	40 650 000
Кўшимча харажатлар	300 000
Кутилмаган ҳолатлар	150 000
Фойда 5%	2 138 600
КҚС 7%	2 994 040
Умумий	46 334 640

5-жадвал бўйича 1 тонна эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композитли қопламаларни ишлаб чиқариш учун нархларнинг умумий таркиби 46 334 640 сўмни (1кг/46 334,64 сўм) ташкил этди. Хориждан келтирилган ФЛАМЕР® ЭП маркали антипиренларни умумий нархи 1т-100 000 000 сўм (1кг/100 000 сўм) ни ташкил этиши аниқланди. Эпоксид смоласи асосидаги ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи қопламаларни, хориждан келтирилган ФЛАМЕР® ЭП маркали антипиренга нисбатан 53% га иқтисодий самарадорликка эга. Иқтисодий таҳлиллар шуни кўрсатдики, ВЭП-3 маркали иссиқликдан химояловчи полимер композит қопламалардан фойдаланишнинг иқтисодий самараси иссиқликка чидамли материалларни қўлланилиш муддатини яхшилаши ва хориждан келтириляётган аналогларни алмаштирилиши билан ортади.

### **ХУЛОСАЛАР**

1. Турли хил бинар тўлдирувчилар билан полимер материалларни модификациялаш асосида механик мустаҳкамлиги сақланган ҳолда термик барқарор полимер материалларни олиш технологияси ишлаб чиқилди.

ИҚ-спектроскопияси, термогравиметрик (ТГ) ва (ДТА) таҳлили ҳамда СЭМ ва элемент таҳлил усуллари ёрдамида тўлдирувчилар билан модификацияланган полимер материалларнинг структуравий ўзгариши ва термофизик хоссалари ўрганилди ҳамда полимер композитларни кимёвий моддаларга барқарорлиги аниқланди.

3. Полимерларни турли шаклдаги дисперс углерод нанозарралари билан модификациялаш ва самарали, такомиллаштирилган технологик усуллари қўллаш натижасида иссиқликка чидамли полимер композит қопламалар ишлаб чиқилди.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида бинар тўлдирувчилар билан модификацияланган эпоксид смоласи асосидаги полимер қопламаларнинг техник талаблар меъёридаги кислород индекси 26% ва тутун ҳосил қилиш коэффициенти 390 м<sup>2</sup>/кг гача яхшиланди, натижада аниқ тизимли механизмлар ишлаб чиқилганлиги ўзининг илмий исботини топди.

5. “Тўлдирувчи-полимер” типидagi контакт ҳолатида тўлдирувчи зарраларининг шаклини, полимердаги тўлдирувчиларнинг фазовий

структурасини шакллантириш турини, сферолит майдончаларининг кўринишини ва бу шаклланишларнинг ички тузилишини электрон микроскоп ёрдамида ўрганишда, ПКМда турли хил таркибдаги дисперс тўлдирувчилар билан ПКМнинг иссиқлик ўтказувчанлигига таъсир қилувчи асосий омилларнинг максимал сонини аниқлашни илмий асослари ишлаб чиқилди.

6. Полимерларни углерод толалари билан модификациялаш жараёнида 0,01% нисбатда физик - механик хусусиятлари яхшиланишига эришилди, хусусан полипропиленда тортишиш, эгилиш кучи ва эластик модули сезиларли даражада ошиши билан механик мустаҳкамлик 30% га яхшиланди.

7. Янги шакиллантирилган ПКМларда тўлдирувчиларнинг кичик нисбатларда (1-3% гача) иссиқлик узатиш жараёни полимердаги структуравий ўзгаришлар билан боғлиқ механизмлардан иборат эканлиги термо-физик таҳлиллар асосида аниқланди.

8. Полимер материаллар асосидаги нанокөмпозитларнинг экспериментал партиялари ишлаб чиқарилди, уларнинг деформацияга чидамлилиги ва технологик кўрсаткичлари ўрганилди ҳамда олинган термик барқарор материаллар “Шўртан нефъ ва газ қазиб чиқариш” АЖ, “Махсусэнергогаз” АЖ, ҳамда “ESKIANHORKANALQURILISH” МЧЖ ишлаб чиқариш корхоналарида муваффақиятли амалиётга жорий қилинди. Шунингдек Давлат илмий-техник дастурлари доирасида бажарилаётган ПЛ4821091659-”Худуд иқлимининг метеорологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда гибрид иссиқлик таъминоти тизимларининг илмий-техник асосларини ишлаб чиқиш” номли Ўзбекистон-Беларусь халқаро фундаментал лойихаси доирасида бажарилаётган тадқиқот ишларида фойдаланилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12. 2019.К/Т.87.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**РАХМАНҚУЛОВ АЛИКУЛ АМИРКУЛОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ  
ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БИНАРНЫХ  
НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

**02.00.14 – Технология органических веществ и материалы на их основе  
05.05.05 – Теоретические основы теплотехники**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSC)**

**Ташкент – 2024**

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2023.3.DSc/T660

Диссертация выполнена в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии

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

**Научный консультант:**

**Джалилов Абдулахат Турапович**  
доктор химических наук, профессор,  
академик АН РУз

**Узаков Гулом Норбоевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Нуркулов Файзулла Нурмунинович**  
доктор технических наук, профессор

**Муртазаев Кувандик Мустафаевич**  
доктор технических наук, доц.

**Нормуродов Бахтиёр Абдуллаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Бухарский государственный университет**

Защита диссертации состоится « 30 » 07 2024 г. в « 09:00 » часов на заседании Научного совета DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский р-н, ул. Шурабазар, Тел.: (+99895) 144-67-83. E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за №2024/26, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р-н, Шурабазар, Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)

Автореферат диссертации разослан « 13 » июля 2024 года.

(протокол рассылки № 2024/26 от « 13 » июля 2024 г.).



**А.С. Максумова**

Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.х.н., проф.

**Ш.Н. Киёмов**

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

**Х.С. Бекназаров**

Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., проф.

## ВВЕДЕНИЕ. (аннотация к докторской диссертации)

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В последние годы в мире возрастает потребность в полимерных материалах, модифицированных на основе бинарных наполнителей в строительной, автомобильной и электротехнической промышленности и обладающих устойчивостью к внешним механическим воздействиям, а также высоким температурам. Для улучшения термомеханических свойств полимерных материалов их часто обрабатывают бинарными наполнителями. Соответственно, важно разрабатывать технологии модификации полимеров бинарными наполнителями, а также получать на их основе высокотемпературно стабильные полимерные материалы с одновременным улучшением их реологических и физико-механических свойств.

В мире ведутся исследования по внедрению в производство новых технологий получения термостабильных полимерных материалов на основе модификации термопластичных и термореактивных полимеров бинарными наполнителями, а также по определению областей их применения. В связи с этим особое внимание уделяется созданию оптимальных композиций для модификации термопластичных и термореактивных полимеров внешними механическими воздействиями и термостабильными бинарными наполнителями, совершенствованию технологических процессов и идентификации физико-химических свойств, а также разработке механизмов действия при модификации полимеров.

В нашей республике достигнуты определенные научные и практические результаты в плане модернизации химической промышленности, локализации сырьевой базы производственных предприятий и выпуска на их основе нового вида модифицированных полимерных материалов, замещающих импорт. Стратегия развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы определяет "приоритеты развития экономики и, на основе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, дальнейшего ускорения производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, преобразования качественно новых видов продукции и технологий". Важными в этой связи являются разработки технологий получения термопластичных и термореактивных полимерных материалов, устойчивых к внешним механическим воздействиям и температуре, дополненных бинарными наполнителями с использованием местного сырья.

Новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы, ПФ-5953 "О государственной программе по реализации в год развития науки, образования и цифровой экономики" от 2 марта 2020 года, УП-3983 "О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан" от 25 октября 2018 года, УП-3479<sup>1</sup> от 17 января 2018 года, кроме того, при решении других научных и практических задач в определенной степени используются результаты исследования данной диссертации.

---

<sup>1</sup> Президента республики узбекистан 28 января 2022 г., № УП-60 "О стратегии развития нового узбекистана на 2022 — 2026 годы" Указу

**Соответствие исследования приоритетам развития республиканской науки и техники.** Данное исследование было проведено в соответствии с VII приоритетом - "Химические технологии и нанотехнологии" развития науки и техники Республики.

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.**

Научные исследования, направленные на разработку усовершенствованных технологий обработки термопластичных и термореактивных полимерных материалов бинарными наполнителями для улучшения их термостойких свойств и их практического применения, проводятся в ведущих университетах и научных центрах по всему миру. Среди них можно показать такие научные центры, как - "Химико- физический институт" Российской академии наук имени Н.Н.Семенова, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, "Белорусский государственный технологический университет", "Центр технологии полимерных материалов Чэнду" (Китай), "Инженерный университет Vorns (США), Университет Fransch-Konte во Франции.,

В результате мировых исследований получен ряд научных результатов по получению термостойких полимерных покрытий на основе бинарных наполнителей и совершенствованию технологий их производства, в том числе по определению их термостойкости и механических свойств путем введения бинарных наполнителей в полимерные матрицы на основе полиэтилена (Института химии и физики им. Семенова Н.Н. Россия), получены сополимеры на основе стирола и дивинилбензола, определены их теплофизические, механические свойства, а также механизм структурного действия наполнителей и разработаны методы их применения (Белорусский государственный технологический университет, Беларусь), в инженерном университете Брауновски (США) были получены новые композиции на основе никелевых суперсплавов, которые были обработаны полимерными материалами на основе этих металлосодержащих наполнителей, и определено их влияние на термомеханические свойства, а также достигнуто получение полимерных композитов с улучшенными теплофизическими свойствами. Во Франции, в лабораториях Университета Франш-Контэ, были получены композиты с бинарными наполнителями с целью изменения теплопроводных фаз полимерных материалов и выявлены механизмы их действия. В лабораториях Научного центра по изучению технологии полимерных материалов в Чэнду (Китай), проводится научное исследование теплофизических свойств модифицированных полимерных материалов.

В мировых научно-исследовательских центрах проводятся научные исследования по ряду приоритетных направлений совершенствования технологий получения полимерных композиционных материалов на основе

---

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований подготовлен на основе источников: <https://www.chph.ras.ru/index.php/institut>, <https://www.muctr.ru/university/departments/nich/info/>, <https://belstu.by/nauka/ob-inf/nauch-shk>, <https://www.borntoengineer.com/>, <https://xcpgroup.goldsupplier.com/>, <https://www.univ-fcomte.fr/> и др.

бинарных наполнителей. В частности, следующее: работы по повышению термостойких свойств полимерных конструкционных строительных материалов; факторы, обеспечивающие их устойчивость к механическим воздействиям; механизм действия при обработке полимерных материалов бинарными наполнителями, обладающими антикоррозионными свойствами, а также определение физико-химических свойств; определение синергизма теплофизических свойств в полимерной смеси наполнителей с многофункциональным эффектом; разработка ресурсосберегающей технологии получения бинарных наполнителей на основе местного сырья и ряд других.

**Степень изученности проблемы.** Наряду с научно-исследовательскими центрами нашей республики, также ведется обширная научно-исследовательская работа сотрудниками Научной школы, возглавляемой академиком А.Т. Джалиловым, по разработке технологии получения полимерных покрытий на основе бинарных наполнителей с целью улучшения эксплуатационных свойств полимерных конструкционных строительных материалов. Под руководством академика А.Т. Джалилова группа ученых проводит исследования по получению композитов на основе добавок, содержащих фосфор, азот и металл, с целью повышения температурной стабильности, огнестойкости и различных термомеханических свойств полимерных материалов.

Приемом добавок, содержащих бинарные наполнители, а также их изучением занимались А.Т.Джалилов, Б.Ф.Мухиддинов, Б.А. Мухамедгалиев, Х.С.Бекназаров, П.Дж. Таджиев, Б.А.Нормуродов, Э.Р.Тураев, Ф.Н. Нуркулов. Ими были проанализированы различные способы получения полимерных материалов на основе бинарных наполнителей, влияние различных технологических факторов на процессы их экстракции, состав, структура и свойства предлагаемых наполнителей.

За рубежом были проведены обширные исследования по разработке усовершенствованных технологий обработки бинарными наполнителями для улучшения термостабильных свойств термопластичных и терморезистивных полимерных материалов. Fenkyu Li, Annik Perrenu, Richard K. Larok, Sen Syue, Chusin Ley, А. Ф. Мануленко, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук, Захра Барани, Амирмахди Мохаммадзаде, О. М. Палазник, П. М. Недорезова, С. В. Полтчиков, А. Н. Клямкина, В. Г. Шевченко, Medixa Kok, Kadir Demirelli, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук и другие исследователи изучали механизм действия бинарных наполнителей на температурные и механические свойства полимерных материалов, влияние их физико-химических свойств на эксплуатационные свойства полимерных материалов.

В этом направлении ученые Fengkui Li и Annik Perrenud из химического факультета Университета штата Аюова (США) получили сополимеры на основе стирола и дивинилбензола и обнаружили, что они повышают свою температурную стабильность в результате своих теплофизических и механических свойств и действия наполнителей. Ученые Китайского центра

технологии полимерных материалов (лаборатория) Chendu Sen Syue и Chusin Leu изучили зависимость фазовых переходов полимерных материалов с теплопроводностью от бинарных наполнителей. Ученые БДТУ А. Ф. Мануленко, Л. А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук определили динамику введения бинарных наполнителей в матрицы полимерных материалов на основе полиэтилена и их влияние на термостабильность и изменение свойств при деформировании, значения энергии термического окисления. Ученые Калифорнийского университета (США) Zahra Varani и Amirmahdi Mohammadzadeh изучили тепловые свойства композитов с бинарным наполнителем, состоящих из нескольких слоев наночастиц графена и меди, и их влияние на полимерные материалы. Учеными Института химии и физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук и Института проблем химии и физики РАН: О. М. Палазник, П. М. Недорезова, С. В. Полтшиков, А. Н. Клямкина, В. Г. Шевченко методом *in situ* были изучены свойства полимеризации в получение бинарных композитов на основе углеродных нанотрубок с полипропиленом, активированных специальными катализаторами  $gas-Me_2Si(2-Me-4-PhInd)_2ZrCl_2$ .

В последнее время был проведен ряд научно-исследовательских работ по разработке эффективных технологий получения и применения полимерных композитов с бинарным наполнителем для улучшения термостойких свойств термопластичных и термореактивных полимерных материалов на практике.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательской работы учреждения, в котором была выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование в соответствии с планом научно-исследовательской работы Ташкентского научно-исследовательского химико-технологического института-12-005-пр. "На основе местного сырья, получение и применение новых эффективных ингибиторов коррозии" (2015-2017гг.) и PZ-202008061 (2021-2023 гг.) в рамках их практические проекты на тему "Разработка ресурсосберегающей технологии повышения огнестойкости деревянных строительных материалов и объектов с использованием нового поколения олигомерных антипиренов".

**Цель исследования** заключается в разработке ресурсно экономических, экологически чистых технологий получения полимерных материалов с высокими теплофизическими свойствами на основе бинарных наполнителей.

**Задачи исследования:**

модификация полимеров бинарными наполнителями, с термостабильными свойствами, на основе местного сырья и определение оптимальных условий;

научное обоснование микроконцентрационных эффектов в полученных полимерных материалах, с положительными теплофизическими и физико-химическими свойствами, при модификации полиэтилена, полипропилена, пентопласта, полимеров с атомами фтора и эпоксидных смол бинарными наполнителями на основе местного сырья;

исследование механизма влияния бинарных наполнителей на теплофизические свойства, термостабильность, огнестойкость и физико-механические свойства модифицированных полимеров;

определение огнестойкости и выпуклости композита на основе механизма действия бинарных наполнителей на кислородный индекс и коэффициент дымообразования полученных термостойких и термостабильных полимерных материалов;

установление теоретических и экспериментальных основ взаимосвязи механизма структурообразования с учетом теплофизических свойств термостойких и термостабильных полимерных материалов, модифицированных бинарными наполнителями;

разработка технологии и технологического регламента производства термостойких полимерных материалов нового состава, а также определение экономической эффективности по сравнению с аналогами, широко используемыми на практике.

**В качестве объекта исследования** были выбраны полиэтилен, полипропилен, ПТФЭ, пентопласт, полимеры, содержащие атомы фтора, эпоксидная смола, ряд бинарные наполнители и углеродные нанотрубки.

**Предметом исследования** являются определение оптимальной концентрации антипиренов на основе аддуктов, физико-механических, теплофизических, химических свойств и механизмов воздействия композитов, композиционные материалы на основе полимерных связующих с термостабильными и огнеупорными свойствами, полиэтилен, полипропилен, ПТФЭ, пентопласт, фторсодержащие полимеры, эпоксидная смола, каолин, вермикулит, наполнители на основе УНТ (углеродная нанотрубка).

**Методы исследования.** В диссертации использовались инфракрасная (ИК) спектроскопия, сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) и термогравиметрический (ТГ) анализ, а также стандартные методы определения кислородного индекса, коэффициента дымообразования, огнестойкости и выпуклости, а также теплофизических, физико-механических свойств при изучении новых композиций и их свойств термостабильных, огнезащитные выпуклые полимерные композиционные покрытия.

**Научная новизна исследования:**

получены термостабильные продукты в результате применения модификаций термопластичных и термореактивных полимеров с бинарными наполнителями на основе каолина, вермикулита и УНТ, а также разработаны их оптимальные пропорции;

определены микроконцентрационные эффекты в полимерных материалах с положительными теплофизическими и физико-химическими свойствами в результате модификации полиэтилена, полипропилена, пентопласта, фторсодержащих и эпоксидных смол бинарными наполнителями на основе местного сырья;

обоснован механизм влияния бинарных наполнителей на теплофизические свойства, термостабильность, огнестойкость и физико-механические свойства модифицированных полимеров;

доказано влияние наполнителей на теплофизические, огнестойкие и физико-химические свойства полимерного покрытия, полученного на основе эпоксидной смолы и бинарных наполнителей, а также улучшения их адгезии до 2,1% ;

установлено, что кислородный показатель в стандарте технических требований к модифицированным полимерным покрытиям на основе эпоксидной смолы с бинарными наполнителями снизился до 26%, а коэффициент дымообразования - до 390 м<sup>2</sup>/кг;

разработаны теоретические и экспериментальные основы механизма структурообразования модифицированных полимеров, принимая во внимание их теплофизические свойства, а также определено большое влияние на эксплуатационные свойства по сравнению с широко используемыми аналогами;

разработана технология получения термостойких полимерных покрытий на основе бинарных наполнителей и технико-экономически обосновано, что данная технология на 21% эффективнее широко используемых аналогов.

#### **Практические результаты исследования включают:**

определены оптимальные соотношения термостабильных, огнестойких полимерных материалов, модифицированных в различных количествах, и оптимальные условия получения бинарных наполнителей на основе местного сырья и их влияния на физико-химические и механические свойства;

определены термические свойства полимерных материалов на основании определения влияния бинарных наполнителей на кислородный индекс и коэффициент дымообразования, а также термогравиметрического анализа термостабильных полимерных материалов;

научно обоснованы теоретические и экспериментальные основы взаимосвязи механизма структурообразования с учетом теплофизических свойств термостабильных полимерных материалов, модифицированных бинарными наполнителями;

разработана ресурсосберегающая, экологически безопасная и эффективная технология получения термостойких, полимер композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья.

**Достоверность результатов исследования.** Выводы и рекомендации, основанные на идентификации полученных термостабильных полимерных покрытий на основе бинарных наполнителей подтверждаются применением высокоинформативных, современных, физико-химических методов анализа (ИК-спектроскопия, СЭМ и элемент анализ, термогравиметрический анализ (ДТА и ТГ), электронный адгезиметр- BGD-500, кислородный индекс, коэффициент дымообразования), и сбалансированностью результатов экспериментальных и теоретических исследований и реализацией разработок в практике.

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

Научная значимость результатов исследований объясняется модификации термопластичных и терморезактивных полимеров бинарными наполнителями на основе каолина, вермикулита и УНТ путем химической переработки местного сырья с получением термостойких продуктов, а также определении их оптимальные условия.

Практическая значимость результатов исследований заключается во внедрении термостабильных полимерных материалов в качестве улучшающих свойства добавок с использованием добавок на основе бинарных наполнителей, а также в производстве термостабильных полимерных материалов промышленном масштабе в соответствии разработанной технологической схемой.

**Применение результатов исследований.** На основе полученных научных результатов по разработке новых технологий получения термостойких полимерных покрытий на основе модификации термопластичных и терморезактивных полимеров бинарными наполнителями:

высокозаряженные термопластичные и терморезактивные полимеры с бинарными наполнителями на основе каолина, выпуклого вермикулита и углеродных нанотрубок были внедрены в практику в качестве антикоррозийных полимерных покрытий на предприятии «Шуртанское нефтегазодобывающее управление» (справка ОП02/БО от 24 июля 2023 года «Шуртанского нефтегазодобывающего управления»). В результате удалось разработать эффективную технологию получения устойчивых к высоким температурам полимерных материалов, модифицированных бинарными наполнителями;

теплозащитные покрытия на основе полиэтилена, полипропилена, фторполимеров и эпоксидной смолы, каолина, выпуклого вермикулита и углеродных нанотрубок были внедрены в практику в качестве теплозащитных покрытий на предприятии «Шуртанское нефтегазодобывающее управление» (справка ОП02/БО от 24 июля 2023 года «Шуртанского нефтегазодобывающего управления»). В результате достигнутая температура позволила стабильным полимерным материалам повысить свою экономическую эффективность в среднем на 24% по сравнению с зарубежными аналогами;

высокотемпературные полимерные композиции на основе эпоксидной смолы, наполненные бинарными наполнителями, внедрены в практику в качестве огнезащитных, термостойких покрытий на предприятии «Шуртанское нефтегазодобывающее управление» (справка ОП02/БО от 24 июля 2023 года «Шуртанского нефтегазодобывающего управления»). Нефтегазодобывающее управление» - справка № 2684). В результате удалось повысить механическую прочность термостойкого покрытия на 30% за счет модификации его бинарными наполнителями.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 5 международных и 12 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 24 научных статей, из которых 2 монографии опубликованы в Республике, 14 в научных изданиях, рекомендованных к публикации по основным научным результатам докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан, 8 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** показана актуальность темы диссертации, необходимость которой обоснована, и соответствие исследования основным приоритетам развития республиканской науки и техники. Представлена общая информация о научных исследованиях, проведенных за рубежом и в нашей стране, о степени изученности проблем, соответствующих теме диссертации. Описаны цель, задачи, объект и предмет исследования, описана научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Также представлены данные о внедрении результатов исследований, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной "**Современные методы получения полимерных композиционных материалов на основе диспергаторов**", проанализирован ряд научных исследований, проведенных за последние годы зарубежными учеными и научными исследователями той же области в нашей стране по разработке эффективных методов модификации при формировании физико-химических свойства полимерных материалов, концепции и их свойства. Также было показано, что путем управления термодинамическими свойствами полимеров демонстрируется актуальность вопросов создания ПКМ с заданными высокими физико-механическими свойствами. Они также были проанализированы и изучены на предмет проблем локализации.

Во второй главе диссертации, озаглавленной "**Получение композитов с полимерной связью на основе бинарных наполнителей и исследование их физико-химических свойств**" рассматриваются свойства применяемых веществ и материалов, методы исследования, оптимальные условия получения полимерных материалов на основе бинарных наполнителей и их физико-химические свойства, получение термостойких покрытий на основе эпоксидной смолы и их теплофизические свойства, электронно-микроскопический и элементный анализ теплозащитных полимерных композиционных покрытий на основе эпоксидной смолы.

Учитывая высокое влияние наполнителя УНТ на текучесть полимера, были приготовлены смеси бинарных наполнителей с полимерами в различных

массовых соотношениях на основе Каолина:УНТ и Вермикулита:УНТ (Таблица-1).

Соответственно: Каолин: УНТ- (1:1; 0,5:1) и бинарные наполнители в масс.% соотношении 1:0,5 и Вермикулит: УНТ- (1:1; 0,5:1) и влияние на текучесть композитов, в состав которых входят бинарные наполнители в соотношении 1:0,5 по масс.% были изучены соотношения с полимерными материалами в диапазоне концентраций 5-20%.

**Таблица-1**

**Показатели текучести полимерных материалов на основе полиэтилена марки F-0220 (ПЭ), модифицированного каолином, вермикулитом и бинарными наполнителями УНТ**

Состав композита	Масса наполнителей. доля в %	ПТР г/10мин (190°С; 2,16кг)
F-0220 марка ПЭ	-	2,1
ПЭ+Каолин:УНТ 1:1	5	1,7
	10	1,5
	15	1,3
	20	1,1
ПЭ+Каолин: УНТ 0,5:1	5	1,8
	10	1,6
	15	1,4
	20	1,3
ПЭ+Каолин: УНТ 1:0,5	5	1,5
	10	1,3
	15	1,1
	20	1,0
ПЭ+Вермикулит:УНТ 1:1	5	1,9
	10	1,7
	15	1,5
	20	1,3
ПЭ+Вермикулит:УНТ 0,5:1	5	2,1
	10	2,0
	15	1,8
	20	1,7
ПЭ+Вермикулит:УНТ 1:0,5	5	1,7
	10	1,5
	15	1,3
	20	1,2

Общий анализ результатов проведенного исследования показал, что по сравнению с показателями текучести полимерных композитов ПЭ+Каолин, ПЭ+УНТ, было установлено обратное, что значительно более высокий показатель текучести был сформирован в случае бинарных наполнителей ПЭ+каолин:УНТ в массовом соотношении 0,5:1 и ПЭ+Вермикулит:УНТ обычные бинарные наполнители в массовом соотношении 0,5:1.

Количество термоусадочного наполнителя составляет 20-30 мас.%. Было обнаружено, что наблюдается значительное увеличение текучести полимеров в зависимости от изменения температуры.

Учет показателя текучести жидкости поможет при обработке полимерных материалов, выборе соответствующих методов и режимов обработки при их эксплуатации. Следует отметить, что при введении наполнителя в композицию ПЭ при температурах 170-220°C, сначала проницаемость полимера под воздействием температуры существенно не меняется, а затем количество наполнителя (ПЭ+каолин:унт) составляет 5-10 мас.%. Было обнаружено, что при воздействии температуры в% объем утечки смеси снижается на 1,8-1,3 г/мин при 15-20% по сравнению с 2,1-2,5 г/мин. Количество термоусадочного наполнителя составляет 20-30% по массе. При достижении % было обнаружено, что происходит значительное увеличение текучести полимеров под воздействием температуры.

Как видно из результатов исследования, показатель текучести наполнителя в жидкости составляет 30 мас.% и мало меняется при достижении размера 10-15 мкм. Из этого следует, что текучесть полимеров под воздействием температуры компонентов зависит от природы наполнителя, и поэтому показатель текучести термостойких полимерных материалов в пропорциях полиэтилен+вермикулит:унт составляет 10-20 мас.%. Было обнаружено, что в % оно изменяется относительно незначительно (2,1-1,7 г/мин) по сравнению с исходным образцом.

При модификации полипропилена добавлением бинарных наполнителей каолин:вермикулит:УНТ наблюдалось относительное ухудшение текучести полимера и было обнаружено снижение значений показателя ПТР<sub>2,16</sub>, о чем свидетельствует увеличение вязкости композита. Очевидно, что эта полимерная структура или, с другой стороны, физико-механические свойства композита также изменяются из-за снижения вязкости раствора из-за его твердофазных соединений в результате высокой концентрации каолина, вермикулита и термоусадочной композиции УНТ, которые выполняют функцию из твердофазного наполнителя. Очевидно, что эта полимерная структура или, с другой стороны, физико-механические свойства композита также изменяются из-за снижения вязкости раствора из-за его твердофазных соединений в результате высокой концентрации каолина, вермикулита и термоусадочной композиции УНТ, которые выполняют функцию из твердофазного наполнителя.

В таблице 2 приведены реологические, физические и механические свойства композитов. При оценке полипропилена (ПП) по значениям ПТР были изучены реологические свойства полимерных композиций на основе бинарных наполнителей Каолин:УНТ (0,5:1), Вермикулит:УНТ (1:1), Вермикулит:Каолин (0,5:1) и Каолин:Вермикулит:УНТ (0,5:1:1). Были изучены различные пропорции, при этом соотношение Вермикулит:УНТ (1:1) является самым высоким показателем по сравнению с другими пропорциями.

Известно, что термостойкие наполнители широко используются при их модификации с целью получения материалов из Олина, обладающих определенными сложными технологическими и эксплуатационными характеристиками. Как правило, модификаторы используются для увеличения адгезии между полимерной основой и наполнителем. В качестве таких модификаторов часто используются каучуки на основе полисульфидов.

**2-таблица**

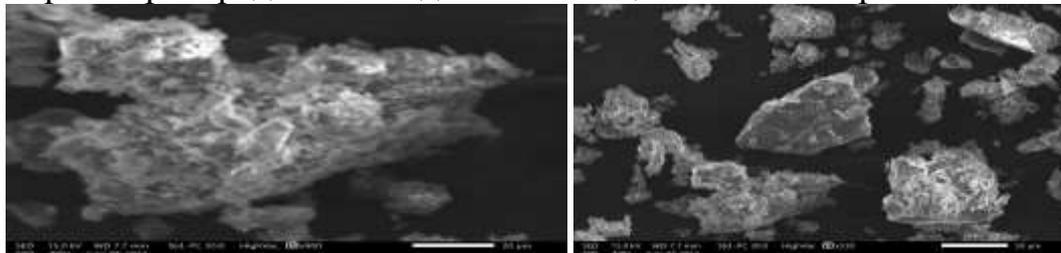
**Указатель текучести полимерных материалов на основе полипропилена марки L-270А (ПП), модифицированного каолином, вермикулитом и добавкой УНТ**

Композиция и тип таркиби	Қўшимча зарраларнинг (мкм) масс. %	ПТР г/10мин
L-270А маркали ПП		,9
ПП : Каолин: УНТ (0,5:1)		
ПП : Вермикулит:УНТ (1:1)		
ПП : Вермикулит: Каолин (0,5:1)		
ПП: Каолин: Вермикулит: УНТ		2 1 5

Полипропилен обладает хорошими термомеханическими свойствами, он занимает лидирующие позиции среди термопластов и может быть использован при производстве термозащитных покрытий.

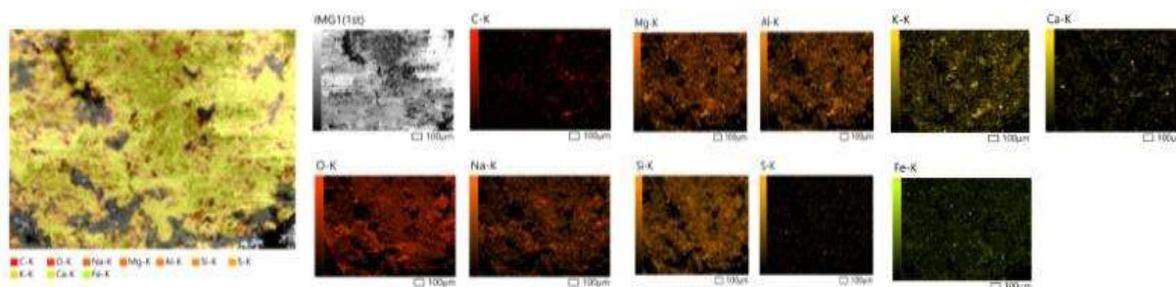
На основе бинарных наполнителей с различными пропорциями, содержание наполнителя составляет 5-10 мас.% к полипропилену, когда каолин:УНТ (0,5:1), вермикулит: УНТ (1:1), вермикулит:каолин (0,5:1) и каолин: вермикулит: УНТ (0,5:1:1) находятся в разных пропорциях. Было установлено, что при определенной температуре, равной %, степень текучести полимера составляет 26,9 г/мин. При введении бинарных наполнителей в соотношении 15-20% вермикулит:унт (1:1), что снижает степень текучести до 25,3-20,5 г/мин.

**Электронно-микроскопический и элементный анализ теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы.** Сканирующий электронный микроскоп и элементный анализ термозащитного полимерного композиционного покрытия ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы позволяют изучить механизмы равномерного распределения и действия веществ в полимерном композите.



**Рис. 1. Микроскопический анализ поверхности теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы.**

Электронно-микроскопический анализ термозащитного полимерного композиционного покрытия ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы показывает, что (рис. 1) наблюдается появление полимерных композитов и образование однородной массы данного типа сополимеров на акриловой основе с рядом химических веществ в формировании композитов порошкообразных веществ размером 25-30 мкм оказывает большое влияние на улучшение его физико-механических свойств. При элементный анализ теплозащитных полимерных композиционных покрытий марки ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы (рис.2.) установлено наличие частиц химических веществ и их распределение в структуре теплозащитных полимерных композиционных покрытий.



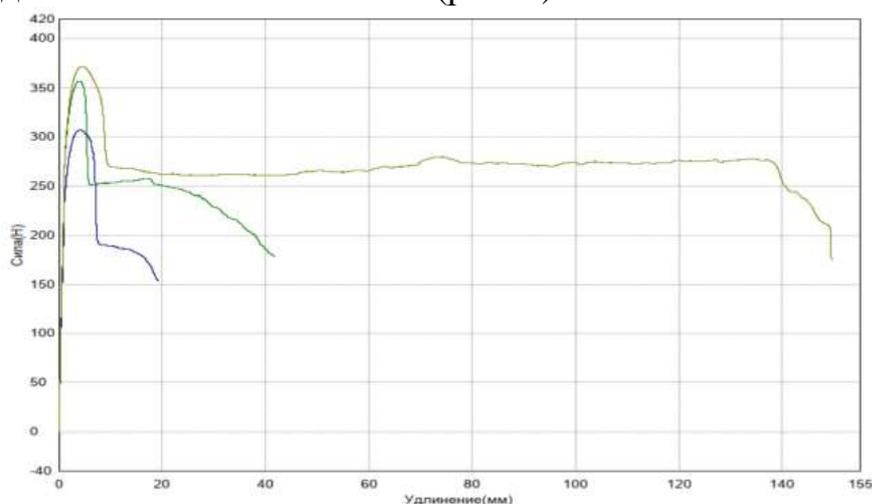
**Рис.2. Электронно-микроскопический анализ теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы.**

Третья глава диссертации под названием «Исследование теплофизических свойств термостабильных полимерных материалов на основе бинарных наполнителей» состоит из исследования физико-механических свойств полимерных материалов, преимущественно дифференциально-термического анализа композита на основе эпоксидной смолы исследованы термо-механические свойства и огнестойкость полимерных материалов. Кроме того, изучаются физико-механические свойства полимерных материалов, модифицированных углеродными нанотрубками, структура и теплофизические свойства материалов на основе

графита и жидкого стекла, а также дано метрологическое обеспечение методов исследования теплофизических свойств полимерных материалов.

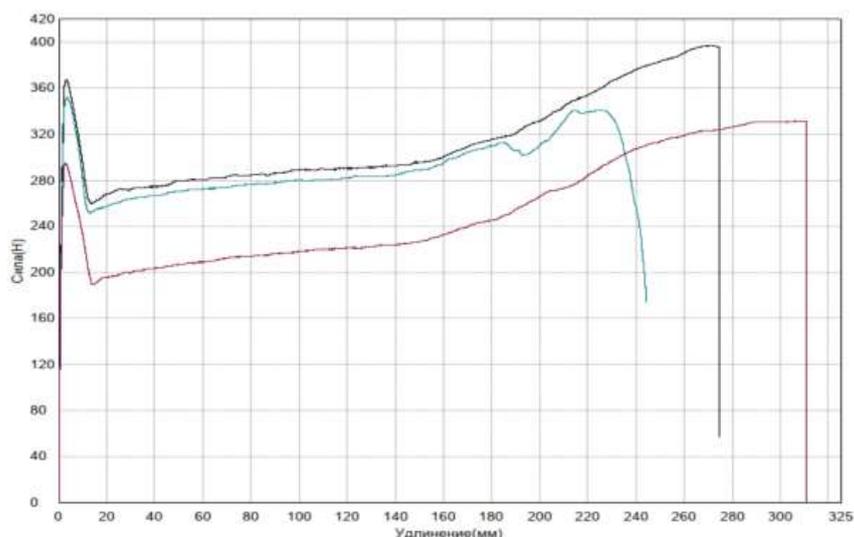
**Исследование физико-механических свойств полимерных материалов, модифицированных углеродными нанотрубками.** Поскольку физико-механические свойства композиционных материалов на полимерной основе определяются равномерным распределением частиц модификатора, способностью частиц модификатора к агломерации, а также термодинамической совместимостью полимера и модификатора, необходимо определить оптимальный технологический режим, позволяющий устранения, по крайней мере, высокого уровня равномерного распределения частиц модификатора и способности к агломерации. При этом изменяются параметры давление пластификации как системы использовался ПП с добавкой 1 масс.% УНТ, что соответствует оптимальным физико-механическим свойствам, определенным в предыдущем разделе.

Состав использованных образцов от 0,1 до 1% УНТ, полипропилен марки L-270A 99,5%. 1. При вытягивании образца с усилием 364 Ньютона удлинение составило 150,3 мм.; 2. При вытягивании образца с усилием 350 Ньютонов удлинение составило 43,5 мм.; 3. При растягивании образца с усилием 300 Ньютонов удлинение составило 19 мм (рис. 3).



**Рис.3. Зависимость разрыва и удлинения композита ПП+УНТ от массовой доли УНТ: 1,0,1%; 2. 0,5%; 3. 1%.**

Состав используемого образца – от 0,1 до 1 % УНТ, полипропилен марки JM-350 99 %. при растягивании образца с усилием 352 Ньютона прогиб составил 245 мм; при растягивании образца с усилием 363 Ньютона прогиб составил 277 мм (рис. 4).



**Рис.4. Зависимость разрыва и удлинения композита ПЭ – УНТ от массовой доли УНТ: 1. 0,1%; 2. 0,5%; 3. 1%.**

В четвертой главе диссертации «**Научные основы теплофизических свойств полимерных материалов, модифицированных на основе различных дисперсных наполнителей**» изложены теплофизические свойства многокомпонентных полимерных материалов на основе ПТФЭ, кинетика плавления и термодинамические параметры изотактического полипропилена. Всесторонне изучено влияние углеродных частиц на параметры изотермической кристаллизации пентопластов, с некоторыми полярными мономерами, теплопроводность сополимеров этилена, теплофизические и физико-механические свойства фторсодержащих полимеров. Также при исследовании теплофизических свойств пентапласта, наполненного углеволокном грален-2, изучено проявление эффекта микроконцентрации и влияние молекулярных смещений на термостабильность модифицированных полимерных материалов. Кроме того, были проанализированы высокоэффективные технологии производства термостабильных покрытий.

**Влияние дисперсных минеральных наполнителей на теплофизические и упругие свойства композитов на основе полипропилена.** Известно, что одним из эффективных способов изменения свойств полимеров является введение в них различных наполнителей. Для расширения спектра возможного воздействия наполнителей на структуру и теплофизические свойства частично кристаллических полимеров значительных результатов можно добиться путем одновременного введения в полимер минеральных дисперсных наполнителей различной природы и свойств.

Так, в наших экспериментах в качестве наполнителей промышленного изотактического полипропилена (ПП) марки 21060 использовались микродисперсный мел и резиновый порошок (РК), полученные упруго-деформационным измельчением отходов вулканизированной резины на основе СКМС-30 размерами от 10 до 60 мкм.

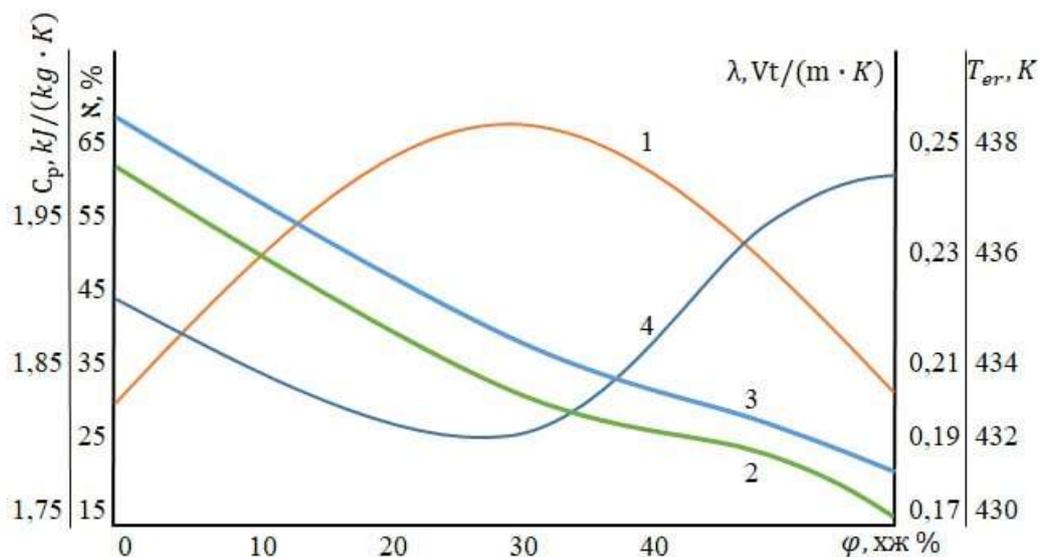
**Таблица 3**

**Объемные доли компонентов указаны в процентах.**

ПП	80	60	50	80	80	10	10	10
Мел	-	-		20	15	10	5	-
РК	20	40		-	5		5	20

Одна партия образцов состояла из ПП+РК, а другая – трехкомпонентной системы ПП+мел+РК.

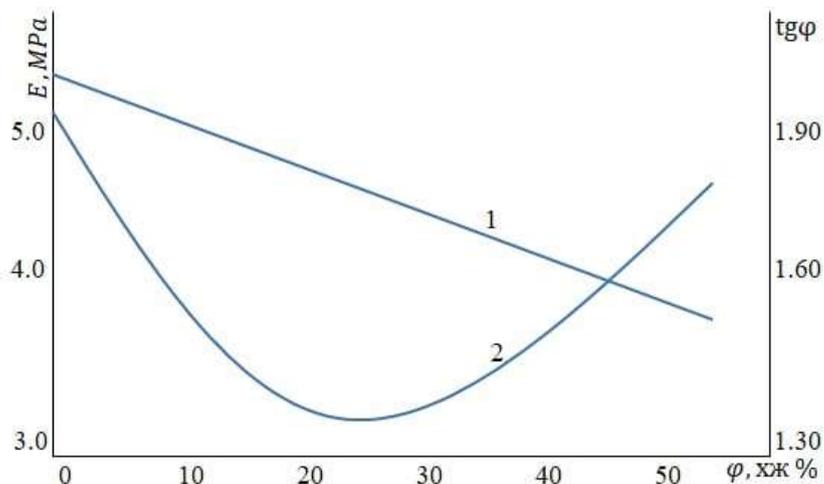
Композиции для исследований получены в экструдере типа «Bra binder» по соответствующим для ПП техническим условиям. Исследования проводились теплофизическими и ультразвуковыми методами. В результате получены концентрационные зависимости удельной теплоемкости  $C_p$  теплопроводности  $\lambda$ , степени кристалличности  $\chi$ , динамического продольного модуля упругости  $E$  и тангенса угла механических потерь  $tg\phi$ . Погрешность измерения  $C_p$  при этом составляла 3,5%, теплопроводности - 8%, степени кристалличности -5%, модуля упругости  $E$  -10%, тангенса угла механических потерь-10%.



**Рис.5. Зависимость  $C_p$  (1).  $\chi$  (2), температура плавления (3) ПП и  $\lambda$  (4) композиций на основе ПП от содержания РК.**

Для композиций ПП+РП при содержании эластомера до 20% наблюдается снижение теплопроводности от 0,21 до 0,18 Вт/(м×К) и увеличение  $C_p$  (рис. 5). Такие изменения  $\chi$  и  $C_p$  объясняются появлением большого числа границ раздела полимер -наполнитель, являющихся дополнительными центрами рассеяния теплового потока. При этом стремительно растет число неупорядоченных образований в полимерной матрице, о чем свидетельствует снижение степени кристалличности  $\chi$  и температуры плавления  $T_g$ . Динамический модуль Юнга линейно снижается (рис. 5) во всем диапазоне содержаний эластичного наполнителя, однако  $tg\phi$  при содержании РП ~20% имеет глубокий минимум. Этот; весьма неожиданный эффект может быть следствием специфических взаимодействий между морфологическими образованиями кристаллизующегося полимера и эластомера.

Дальнейшее увеличение содержания резинового порошка приводит к повышению теплопроводности. При этом, как видно из рис.5 и 6,  $C_p$  композиции снижается. Замедляется и темп снижения степени кристалличности и температуры плавления. Это происходит: во-первых, из-за структурных превращений в матрице полипропилена, во-вторых, за счет собственного вклада наполнителя в процессе теплопроводности.



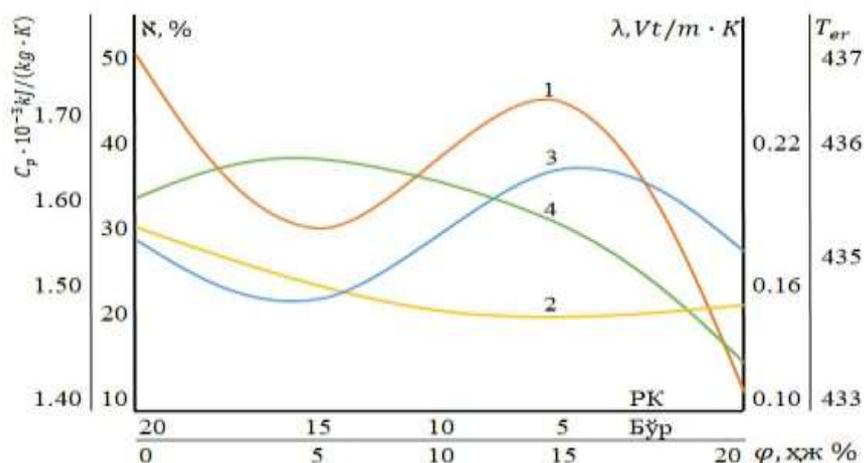
**Рис.6. Зависимость E (1) и tgφ (2) от состава композиций на основе ПП+РК.**

В случае трехкомпонентной композиции ПП+мел+РП теплопроводность снижается во всем интервале содержаний минерального наполнителя. Лишь в присутствии ~5% мела кривая  $\lambda=f(\varphi)$  проходит через невысокий максимум.

При этом удельная теплоемкость как функция содержания наполнителей имеет ярковыраженный минимум. Следует отметить, что эффекты воздействия бинарных наполнителей в виде мела и резинового порошка на исследуемые параметры и характеристики не является аддитивным. Следовательно, теплопроводность может повышаться не только за счет собственного вклада частиц минерального наполнителя с более высокой теплопроводностью. Такой процесс теплопереноса может быть следствием специфических взаимодействий как между компонентами, так и между морфологическими образованиями, а также из-за специфики межфазного сцепления.

Повышение удельной теплоемкости, снижение степени кристалличности при содержании мела (5-15)% (рис. 6) свидетельствует об увеличении количества неупорядоченных областей в матрице полипропилена, а также о замедлении процессов ее кристаллизации за счет повышенного содержания частиц мела.

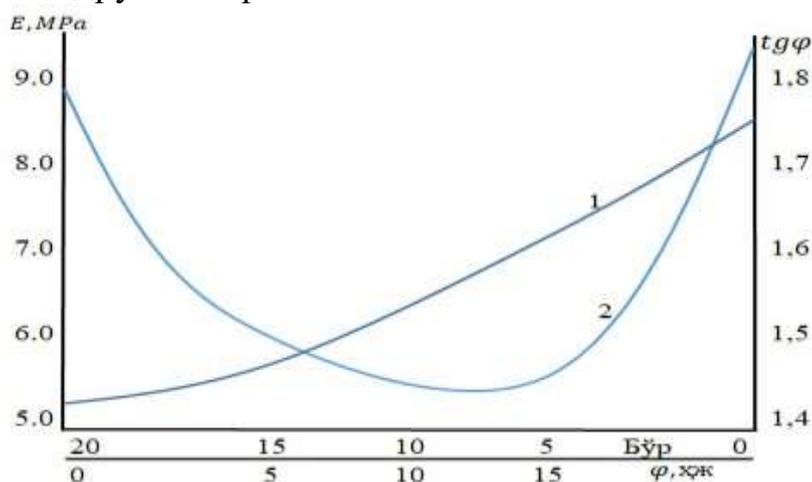
Результаты акустических исследований показали, что с увеличением содержания мела и соответственно уменьшением резинового порошка происходит увеличение модуля Юнга во всем диапазоне содержания наполнителя (рис. 7). Такое увеличение модуля Юнга объясняется уменьшением размера частиц эластомера за счет присутствия большого количества дисперсных минеральных частиц.



**Рис.7. Зависимость  $C_p$  (1),  $\chi$  (2), температуры плавления  $T_{пл}$  (3) ПП и  $\lambda$  (4) от состава композиций ПП+мел.**

Таким образом, введение в полипропилен дисперсного эластичного наполнителя приводит к некоторому снижению модуля упругости, которое, очевидно, связано с нарушением в присутствии РП адгезионного взаимодействия между полимером и наполнителями.

Эластичный наполнитель, обладая более высокой молекулярной подвижностью, снижает скорость кристаллизации ПП, что приводит к аморфизации полимерной матрицы. Наличие дисперсного карбоната кальция (мела) приводит к появлению эффекта «сдавливания» коагуляционными образованиями мела отдельных частиц эластомера, следствием которого является повышение модуля с увеличением содержания мела. Введение в полипропилен смесей эластичного и минерального наполнителей позволяет получить высоконаполненные композиции с широким набором теплофизических свойств и вязкоупругих характеристик, которые могут быть использованы в машиностроении и других отраслях.



**Рис.8. Зависимость  $E$  (1) и  $\text{tg}(\varphi)$  (2) от состава композиций на основе ПП+РК+мел.**

Описаны экспериментальные данные относительной теплоемкости, теплопроводности, кристалличности, температуры плавления, углового тангенса модуля упругости динамика и механической температуры плавления

полипропилена, содержащего различное количество каучука (порошков) и углерода кальция, и его составов.

Определены особенности различного воздействия эластичных и минеральных наполнителей на структурные параметры и свойства полипропиленовой матрицы. Введение в состав полипропилена смесей эластичных и минеральных наполнителей позволяет получать высоконаполненные композиции с широким диапазоном теплофизических свойств и упруговязкостных характеристик.

Современная тенденция в промышленном производстве полимерных материалов состоит в поисках рациональных путей использования традиционных материалов с заданными свойствами является наполнение исходных полимерных веществ твердыми свойствами дисперсными и волокнистыми наполнителями органической и неорганической природы. В каждом случае получаются системы со специфическим комплексом физических свойств, тесно взаимосвязанных со структурой. В связи с этим установление функциональных связей между морфологическими характеристиками полимеров и их основными свойствами, важнейшими из которых являются теплофизические, поскольку они в значительной степени определяют показатели, характеризующие процесс переработки и условия эксплуатации полимерных материалов, представляет как теоритический, так и практический интерес.

В следующих экспериментах выявлено проявление микроконцентрированного эффекта при исследовании теплофизических свойств пентапласта, наполненного углеродным волокном грален-2.

Нами были проведены исследования влияния, во-первых, различного содержания волокнистого углеродного наполнителя грален-2 на структуру и теплофизические свойства пентапласта, во-вторых, отжига на структуру и теплофизические свойства наполненного и ненаполненного пентапласта. Образцы получены методом горячего прессования под давлением.

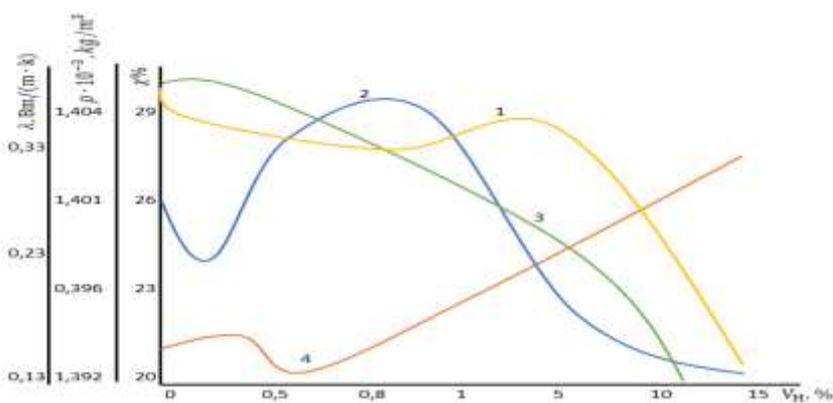
Измерения плотности образцов при комнатной температуре проведены методом гидростатического взвешивания в изооктане, предел допускаемой основной погрешности не превышал 0,1%.

Исследования температурной зависимости теплопроводности композиций проведены методом динамического калориметра. В основу метода положены закономерности монотонного разогрева тонкой пластины в режиме, когда ее температурное поле остается постоянным. Предел допускаемой основной погрешности оценивался в 6-8%.

Для определения значений удельной теплоемкости использовался метод теплового анализа, который базируется не на устранении теплообмена с окружающей средой, а на прямом измерении теплового потока, получаемого исследуемым объектом в ходе непрерывного нагрева. Опытным путем установлено, что оптимальным является режим нагрева со скоростью 0,03-0,05 К/с.

Исследуемый объект получает тепло, необходимое для нагрева и фазовых превращений, только за счет теплообмена с расчетом теплом калориметра, т. е. используемые чисто диатермические условия обеспечивают простоту постановки задачи. Решение задачи базируется на закономерностях квазистационарного режима, устанавливающегося при нагреве калометра с постоянной скоростью (в нашем случае 0,04 К/с). Допускаемая погрешность не превышала 2,5% при доверительной вероятности 0,95.

Анализ результатов показал наличие микроконцентрационного эффекта на зависимостях всех измеренных характеристик: плотности матрицы ( $\rho_m$ ), удельной теплоемкости ( $C_p$ ) до и после отжига, теплопроводности ( $\lambda$ ), степени кристаллическости ( $\chi$ ), температуры плавления отожженных образцов ( $T_{пл}$ ). Концентрационный интервал 0,1-1% соответствует активному взаимодействию пентапласта с волокнами наполнителя. Процессы увеличения числа зародышей и их ориентации вдоль волокон наполнителя приводят к стабилизации  $\rho$ , увеличению  $\lambda$  (рис.10 а) в интервале концентраций 0,1-0,3%, а также к появлению минимумов удельной теплоемкости (рис. 10, б), степени кристаллическости  $\chi$  при концентрации наполнителя 0,1%. При концентрации добавок 0,3% наблюдается максимум удельной теплоемкости.



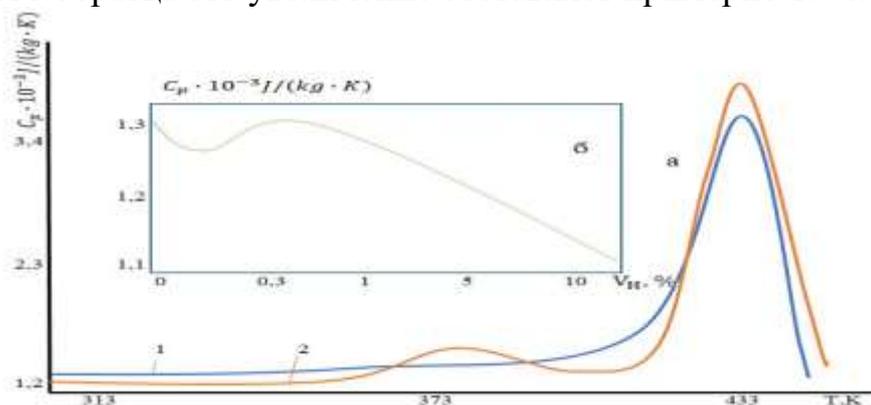
**Рис.9. Концентрационные зависимости плотности (1), степени кристаллическости до (2) и после (3) отжига, теплопроводности при  $T=323\text{K}$  (4) пентапласта, наполненного углеродным болокном грален-2**

В интервале концентраций 0,5-1% добавок ограничение сегментальной подвижности макромолекул вследствие их взаимодействия с поверхностью наполнителя преобладает над ориентирующим действием волокон гралена. При этом уменьшается плотность матрицы и теплопроводность. С ростом концентрации наполнителя увеличение степени кристаллическости, с одной стороны, и ограничение подвижности макромолекул, с другой, объясняют уменьшением значения плотности матрицы стабилизируются, степень кристаллическости при этом уменьшается. Это может быть связано с активным вовлечением в этом диапазоне концентраций связующего в граничные слои со специфическими свойствами. Выше 10% добавок процессы разрыхления связующего приводят к значительному уменьшению плотности матрицы. Кроме того, наблюдается монотонное уменьшение концентрационных зависимостей всех исследованных параметров, за исключением теплопроводности. Это уменьшение может быть объяснено не только

процессом разрыхления связующего, но и интенсификацией теплообмена вследствие возрастания аддитивного вклада в теплопроводность частиц наполнителя. Теплопроводность композиций выше 3% добавок всецело определяется аддитивным вкладом высокотеплопроводного наполнителя.

Нами проведены исследования совместного действия на структуру и теплофизические свойства пентапласта, введения наполнителя гранлен-2 и последовательного изотермического отжига. Образцы были подвергнуты последовательному изотермическому отжигу при температурах 443 К в течение восьми часов и 413 К в течение четырех часов. Выбор времени отжига обусловлен тем, что при данных температурах процесс структурных изменений к указанному времени достигает насыщения. Так как структурные превращения, происходящие при высоко- и низкотемпературном отжиге взаимно независимы, то, по-видимому, они имеют различный надмолекулярный уровень.

Отжиг при температуре 313К не изменяет основную кристаллическую структуру композиции. Эндотермический пик плавления не претерпевает изменений. При температуре, соответствующей температуре отжига, происходит значительное возрастание удельной теплоемкости (рис. 10, а, 11, а). По-видимому, под влиянием отжига происходит упорядочение аморфной части пентапласта. Структурные формы, образующиеся при этом, разрушаются, когда температура превышает температуру их образования. Отжиг при  $T=443\text{К}$  ведет к существенному изменению основной кристаллической структуры композиций. Площадь главного эндотермического пика плавления увеличивается (рис. 10, а, 11, а). Для ненаполненного образца это увеличение составляет примерно 15%.



**Рис. 10. Температурные зависимости удельной теплоёмкости до (1) и после (2) отжига пентапласта (а); концентрационная зависимость удельной теплоёмкости при 323К пентапласта, наполненного углеродным волокном гранлен-2 (б)**

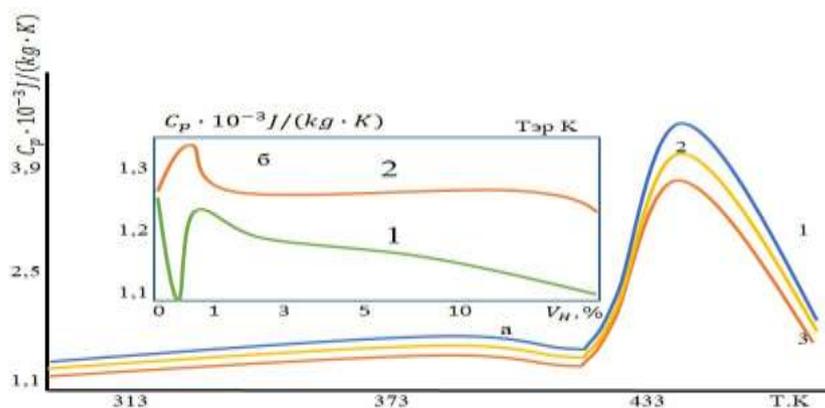
При малых концентрациях (до 0,5%) разница в площадях пиков плавления отожженных и неотожженных образцов возрастает до 20%. С дальнейшим увеличением концентрации наполнителя отжиг существенно не влияет на площадь эндотермического пика. Это связано с тем, что отжиг значительно увеличивает степень кристалличности в области малых концентраций (до 0,5%) добавок, а выше этих концентраций практически не влияет на степень кристалличности (рис. 11). Кроме того, при концентрациях

0,1-0,5% температура плавления композиций увеличивается (эндотермический пик смещается в сторону более высокой температуры) (рис. 11, а, б). Вероятно, это увеличение происходит вследствие формирования крупной кристаллической структуры. При концентрации наполнителя выше 1% температура плавления практически не изменяется и соответствует  $T_{пл}$  ненаполненного пентапласта.

Концентрационные зависимости удельной теплоемкости отожженных и неотожженных образцов существенно различаются только в области малых добавок наполнителя. При концентрации 0,3% добавок удельная теплоемкость отожженного образца значительно уменьшается по сравнению с неотожженным. Максимум зависимости удельной теплоемкости смещается от 0,3 % для неотожженного образца до 0,5% для отожженного образца до 0,5% для отожженного. Это, очевидно, обусловлено высокотемпературным отжигом, приведшим к упорядочению основной кристаллической структуры.

Установлено, что модифицирующее влияние волокнистого углеродного наполнителя графен-2 на теплофизические свойства пентапласта наиболее эффективно при малых концентрациях наполнителя.

Последовательный отжиг при 313 и 443К трансформирует как основную кристаллическую структуру, так и малоупорядоченные аморфные межкристаллические области, при этом наиболее значительное влияние на структурные изменения в наполненном пентапласте отжиг оказывает при малых добавках наполнителя.



**Рис. 11. Температурные зависимости удельной теплоёмкости пентапласта, наполненного углеродным волокном графен-2, после отжига при  $T$  443 К в течение 8 ч и при  $T$  413 К в течение 4 ч (а: 1-0.1%; 2-1%; 3-20%); концентрационные зависимости удельной теплоёмкости при  $T$  323 (1), температуре плавления после отжига (2) (б)**

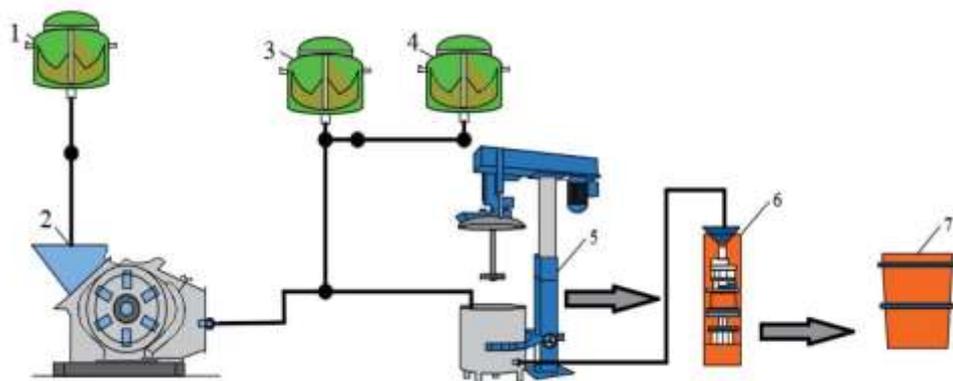
В пятой главе диссертации на тему «Разработка экологически и экономически эффективной технологии получения термостабильных полимерных материалов на основе бинарных наполнителей» разработка эффективной технологии теплозащитных полимерных композиционных покрытий на основе эпоксидной смолы, исследование экспериментальных процессов в условиях производства полимерных покрытий, разработка экономической эффективности производства теплозащитных полимерных композитов марки ВЭП-3 на основе местного сырья. материалы,

экономическая эффективность производства углеродных нанотрубок на основе графита. Изучена технико-экономическая эффективность разработки и производства углеродных нанотрубок.

### **Разработка эффективной технологии теплозащитных полимерных композиционных покрытий на основе эпоксидной смолы**

В технологической схеме производства полимерного композита марки ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы (1) выпуклого вермикулита (2) измельчителя, (3) эпоксидной смолы (4) добавляют ПЭПА и затем доводят температуру до 20-22°C (5). На следующем этапе с помощью диссольвера (при 1400-1600 оборотов в минуту) термозащитное полимерно-композитное покрытие доводят до стандартных требований к термостойкому покрытию с целью обеспечения равномерного распределения ингредиентов в среде.

Этот процесс длится 1-1,5 часа при температуре 22°C. Полученный полимерный композит (6) упаковывают на специальном оборудовании и (7) хранят изделие в 2-3 ёмкостях (для полимерного композита и отвердителя), изготовленных из полимерных материалов. Технологический процесс представлен в таблице 5.



1 – емкость для выпуклого вермикулита; (2) мясорубка; (3) емкость для эпоксидной смолы; (4) потенциал для РЕРА; (5) смеситель-диссольвер (1000-1300 об/мин); (7) емкость для хранения готовой продукции (для полимерного композита и отвердителя).

**Рис.12. Технологическая схема производства теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы.**

Теплозащитные полимерные композиционные покрытия на основе эпоксидной смолы и вспученного вермикулита смешивают в течение 15-20 минут с добавкой 4,8-5% (ПЭПА) по отношению к массе полимерных связующих для отверждения готового изделия.

### **Разработка экономической эффективности производства теплозащитных полимерных композитов ВЭП-3 на основе местного сырья.**

Оценка экономической эффективности полимерного композита марки ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы включает сравнение стоимости с ценой покрытий марки ФЛАМЕР® ЭП (Россия), используемых в нашей республике в качестве аналогов. В таблице 4 представлена стоимость сырья для производства 1 т полимерного композиционного покрытия ВЭП-3.

**Таблица-4.**

**Стоимость сырья для производства полимерных композиционных покрытий марки ВЭП-3 на основе 1 тонны эпоксидной смолы**

№	1т (1000кг) ВЭП-3 марки композит	%	Количество 1 кг/сум.	Количество 1 Т/сум.
1	Эпоксидная смола ЭД-20	45%	77 000	34 650 000
2	ПЭПА	5%	20 000	1 000 000
3	Вермикулит	50%	10 000	5 000 000
	Умумий	100%		40 650 000

Согласно данным, представленным в таблице 5, общая стоимость эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя ПЭПА для получения 1 тонны полимерного композита марки ВЭП-3 составляет 35 650 000 сум. Кроме того, цена выпуклого вермикулита составляет 5 000 000 сум. Общая себестоимость производства 1 тонны теплозащитных полимерных композиционных покрытий марки ВЭП-3 составляет 40 650 000 сум и представлена в таблице 6.

**Таблица-5.**

**Общие затраты на производство теплозащитных покрытий марки ВЭП-3 на основе 1 тонны эпоксидной смолы**

Номланиши	Нархи, сўм
Иш ҳақи, сум/1 кун	100 000
Ягона ижтимоий тўлов 12%	12 000
ВЭП-3 маркали композит	40 650 000
Қўшимча харажатлар	300 000
Кутилмаган ҳолатлар	150 000
Фойда 5%	2 138 600
ҚҚС 7%	2 994 040
Умумий	46 334 640

Согласно таблице 5, общая структура цен на производство теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 на основе 1 тонны эпоксидной смолы составила 46 334 640 сум (1 кг/46 334,64 сум). Установлено, что общая стоимость импортных антипиренов FLAMER® EP составляет 1т-100 000 000 сум (1кг/100 000 сум). Теплозащитные покрытия ВЭП-3 на основе эпоксидной смолы имеют экономическую эффективность на 53% по сравнению с импортным антипиреном FLAMER® EP. Экономический анализ показал, что экономическая эффективность применения теплозащитных полимерных композиционных покрытий ВЭП-3 возрастает с увеличением срока службы термостойких материалов и заменой импортируемых из-за рубежа аналогов.

**ВЫВОДЫ**

1. На основе модификации полимерных материалов различными бинарными наполнителями разработана технология получения термостабильных полимерных материалов с сохраненной механической прочностью.

Структурные изменения и теплофизические свойства полимерных материалов, модифицированных наполнителями, были изучены с помощью ИК-спектроскопии, термогравиметрического (ТГ) и (ДТА) анализа, а также

методов СЭМ и элементного анализа, было установлено, что полимерные композиты устойчивы к воздействию химических веществ.

Модифицированные полимерные компонентные покрытия были разработаны на основе высокоэффективных усовершенствованных технологических методов, которые модифицируются дисперсными наполнителями различной формы на основе полимерных материалов и углеродных наночастиц и способны изменять термодинамические свойства в соответствии с поставленной целью.

Термостойкие полимерные композиционные покрытия были разработаны в результате модификации полимеров дисперсионными углеродными наночастицами различной формы и применения эффективно усовершенствованных технологических методов.

4. В результате проведенных исследований было достигнуто повышение кислородного индекса с 17-18% до 38% исходя из противопожарных технических требований к термостойким огнезащитным полимерным материалам, а коэффициент дымообразования улучшился с 450 м<sup>2</sup>/кг до 357 м<sup>2</sup>/кг в результате чего развитие конкретных системных механизмов нашло свое научное подтверждение.

5. При изучении формы частиц наполнителя в контактном состоянии типа "наполнитель-полимер", типа формирования пространственной структуры наполнителей в полимере, внешнего вида сферолитовых полей и внутренней структуры этих образований с помощью электронного микроскопа были разработаны научные основы для определения максимального количества ключевых факторов, влияющих на теплопроводность ПКМ

6. В процессе модификации полимеров углеродным волокном было достигнуто улучшение физико-механических свойств в соотношении 0,01%, в частности, механическая прочность была улучшена на 30% при значительном увеличении предела прочности при растяжении, прочности при изгибе и модуля упругости у полипропилена.

7. На основе теплофизического анализа было установлено, что в полимерных материалах новой формы процесс теплопередачи при использовании небольших количеств наполнителей (до 1-3%) состоит из механизмов, связанных со структурными изменениями в полимере.

8. Изготовлены опытные партии нанокомпозитов на основе полимерных материалов, изучены их стойкость к деформации и технологические показатели, получены термостабильные материалы и было внедрено в на производственных предприятиях АО "Добыча нефти и газа", АО "Махсусэнергогаз", ООО "ESKIANHORKANALQURILISH", Также в рамках Государственной научно-технической программы IL4821091659- "Разработка научно-технических основ гибридных систем теплоснабжения с учетом метеорологических особенностей климата местности".

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 AT TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF  
CHEMICAL TECHNOLOGY  
TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**RAKHMONKULOV ALIKUL AMIRKULOVICH**

**TECHNOLOGY OF PROCESSING THERMAL STABLE POLYMER COATINGS  
BASED ON BINARY FILLERS DEVELOPMENT**

02.00.14-Technology of organic substances and materials based on them

05.05.05 - "Theoretical principles of thermal engineering"

**TECHNIQUE FANLARI DOCTORY (DSc) DISSERTATION  
ABSTRACT**

**Tashkent – 2024**

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.3.DSc/T660

The dissertation has been prepared at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council [www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Research supervisor:**

**Djalilov Avdulahat Turopovich**

Doctor of Chemistry, Professor, Academician of the Academy of Sciences of Uzbekistan

**Uzokov Gulom Norboevich**

Professor, Doctor of Technical Sciences

**Official opponents:**

**Nurkulov Fayzulla Nurmuminovich**

Doctor of technical sciences, professor

**Murtazayev Kuvondik Mustafayevich**

doctor of technical sciences, associate professor

**Normurodoa Bakhtiyor Abdullaevich**

Doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Bukhara State University**

The defense of the dissertation will take place on "30" 07 2024 at "9<sup>00</sup>" hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.K/T.78.01 at the Tashkent Research Institute of Chemical Technology at the address: 111116, Tashkent region, Tashkent district, pos. Ibrat n/a Shurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz).

The dissertation was registered at the Information Resource Center of Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology No. 2024/26, which can be found at the IRC (111116, Tashkent region, Tashkent district, Shurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

The abstract of the dissertation was sent out "\_13\_" july 2024.

(distribution protocol No. 2024/26 dated "\_13\_" july 2024).

  
**A.S. Maksumova**  
Chairman of the Scientific Council  
for awarding academic degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

  
**Sh.N. Kiyomov**  
Scientific Secretary of the Scientific  
Council for Awarding of scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

  
**H. S. Beknazarov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of (DSc) dissertation)

**The purpose of the research** is to develop resource-efficient, environmentally friendly technologies for the production of polymer materials with thermophysical properties based on binary fillers.

**The object of the research** were polyethylene, polypropylene, pentoplast, polymers containing fluorine atoms, epoxy resin, binary fillers and carbon nanotubes.

**The scientific novelty of the research lies in the following:**

thermostable products were obtained as a result of the use of modifications of thermoplastic and thermosetting polymers with binary fillers based on kaolin, vermiculite and CNTs, and their optimal proportions were developed;

microconcentration effects were determined in polymer materials with positive thermophysical and physicochemical properties as a result of modification of polyethylene, polypropylene, pentoplast, fluorine-containing and epoxy resins with binary fillers based on local raw materials;

the mechanism of influence of binary fillers on the thermophysical properties, thermal stability, fire resistance and physical and mechanical properties of modified polymers is substantiated;

the influence of fillers on the thermophysical, fire-resistant and physicochemical properties of polymer coatings obtained on the basis of epoxy resin and binary fillers has been proven, as well as improving their adhesion up to 2.1%;

it was found that the oxygen index in the standard of technical requirements for modified polymer coatings based on epoxy resin with binary fillers decreased to 26%, and the smoke generation coefficient - to 390 m<sup>2</sup>/kg;

the theoretical and experimental foundations of the mechanism of structure formation of modified polymers have been developed, taking into account their thermophysical properties, and a great influence on operational properties has been determined in comparison with widely used analogues;

a technology for producing heat-resistant polymer coatings based on binary fillers has been developed and it has been technically and economically substantiated that this technology is 21% more effective than widely used analogues.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the development of new technologies for producing heat-resistant polymer coatings based on the modification of thermoplastic and thermosetting polymers with binary fillers:

highly charged thermoplastic and thermosetting polymers with binary fillers based on kaolin, convex vermiculite and carbon nanotubes were put into practice as anti-corrosion polymer coatings at the Shurtan Oil and Gas Production Department (certificate OP02/BO dated July 24, 2023 of the Shurtan Oil and Gas Production Department). As a result, it was possible to develop an effective technology for producing high-temperature-resistant polymer materials modified with binary fillers;

thermal protective coatings based on polyethylene, polypropylene, fluoropolymers and epoxy resin, kaolin, convex vermiculite and carbon nanotubes

were put into practice as thermal protective coatings at the Shurtan Oil and Gas Production Directorate (certificate OP02/BO dated July 24, 2023 of the Shurtan Oil and Gas Production Directorate ). As a result, the achieved temperature allowed stable polymer materials to increase their economic efficiency by an average of 24% compared to foreign analogues;

high-temperature polymer compositions based on epoxy resin, filled with binary fillers, have been put into practice as fire-resistant, heat-resistant coatings at the Shurtan Oil and Gas Production Directorate (certificate OP02/BO dated July 24, 2023 of the Shurtan Oil and Gas Production Directorate). Oil and Gas Production Department" - certificate No. 2684). As a result, it was possible to increase the mechanical strength of the heat-resistant coating by 30% due to its modification with binary fillers.

**Structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

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

**I бўлим (I часть; Part I)**

1. А.А.Рахманкулов. Теплопроводность полимерных композиционных материалов // Монография “Наврўз” ДУК Ташкент-2015. 118 с.
2. А.А. Рахманкулов. Полимерларда молекуляр иссиқлик харакатлари//Монография Қарши “Насаф нашриёти” 2020. 122 с.
3. Т.З.Хайдаров, А.А.Рахманкулов, Каримов М.У., Джалилов А.Т «Углерод наномодификаторлари билан модификацияланган полипропилен асосидаги композитларнинг юқори ва паст ҳароратлар таъсирига барқарорлигини дериватографик таҳлили» Узбекский Научно-технический и производственный журнал. Композицион материаллар., № 3. Тошкент 2023 г. 212-215 с . (02.00.00 № 4, 05.00.00 № 13)
4. Khaydarov T.Z, Rahmankulov A.A, Karimov M.U, Djalilov A.T. Research of thermal analysis of polyethylene composites based on carbon nanotubes American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture // Amerika Volume 01, Issue 08, 2023 pp 69-72. (Scientific Journal Impact Factor, № 23)
5. В.М.Барановский, А.А.Хомик, А.А.Рахманкулов, А.М.Тарара, В.В.Лапинский. Комплексное исследование теплофизических и физико-механических свойств некоторых фторсодержащих полимеров//Узбекский физический журнал №2, Тошкент 1991, с 74-75. (01.00.00 № 5)
6. В.М.Барановский, В.Н.Криллов, А.А.Рахманкулов, А.А.Хомик, Т.Т.Насыров. Теплопроводность сополимеров этилена с некоторыми полярными маномерами//Узбекский физический журнал, Тошкент 1992., №5. С 99-102. (01.00.00 № 5)
7. В.М.Барановский, С.И.Бондаренко, А.А.Рахманкулов, В.П.Скварцов. Влияние дисперсных эластичного и минерального наполнителей на ТФС и вязкоупругие характеристические композиций на основе полипропилена//Узбекский физический журнал, Тошкент 1992 №4, с. 99-104. (01.00.00 № 5)
8. В.М.Барановский, А.А.Рахманкулов, А.В.Черенков, С.И.Бондаренко. Параметры изотормической кристаллизации полипропилена содержащего различное количество каолина с модифицированной поверхностью частиц// Узбекский физический журнал №2, Тошкент 1993 г. 75-81 с. (01.00.00 № 5)
9. В.М.Барановский, С.В.Темникова, А.А.Рахманкулов, А.Т.Мамадалимов. Исследование пентопласта, наполненного каолином, методом теплового анализа// Узбекский физический журнал №6, Тошкент 1993 г. 52-57 с. (01.00.00 № 5)
10. Рахманкулов А.А., Хамдамов С.Б. О модифицирующие действие дисперсных наполнителей на ПКМ в присутствии поливинилиденфторида // Scientific Journal Research and education. Toshkent volume 1 Issue 9 2022 с 241-244 (Scientific Journal Impact Factor, № 23)

11. А.А.Рахманкулов, Ф. Давлатов. Влияние дисперсных наполнителей на температуру текучести поливинилиденфторида// Кимёвий технология назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал, №5. Тошкент 2015 с 39-42. (02.00.00 № 10, 05.00.00 № 12)
12. В.М.Барановский, Ю.А.Горностаева, А.А.Рахманкулов, С.В.Темникова, А.В.Черенков. Проявление микроконцентрационного эффекта при исследовании теплофизических свойств пентопласта, наполненного углеродным волокном грален// Узбекский физический журнал Тошкент 1995 г, №6., с. 62-67. (01.00.00 № 5)
13. В.М.Барановский, Ю.А.Горностаева, А.А.Рахманкулов, С.В.Темникова, А.В.Черенков, А.Т.Мамадалимов. Влияние углеродного наполнителя на параметры изотермической кристаллизации пентопласта// Узбекский физический журнал Тошкент 1996 г, №1.с. 69-75. (01.00.00 № 5)
14. A.A.Rakhmankulov Influence of the content of dispersed fillers of various nature in polyvinylidene fluoride on its structural parameters and thermal conductivity//E3S Web Conf. 411 01022 (2023) DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101022>. pp 1-8 (Scientific Journal Impact Factor, № 23)
15. А.А.Рахманкулов. О механизме теплопереноса в композиционных материалах на основе фторсодержащих полимеров и электропроводящих наполнителей// Ўзбекистон Миллий университети хабарлари. № 3/1 Тошкент 2017 с. 395-398. (01.00.00 № 8)
- 16.А.А.Рахманкулов, Т.З.Хайдаров, Р.Т.Рузиев. Влияние Электропроводящих Наполнителей На Структурные Параметры И Теплопроводность Поливинилиденфторида //Central asian journal of theoretical and applied sciences. Volume: 02 Issue: 03. March 2022. pp.-64-70 (Scientific Journal Impact Factor, № 26)
17. А.А.Рахманкулов, Т.З.Хайдаров, Р.Т.Рузиев. Влияние бинарных наполнителей на теплофизические свойства политетрафторэтилена//Журнал «Universum: технические науки» Москва 4(85), <https://7universum.com/tech> 25 апреля 2021 г. С 32-35. (02.00.00 № 1)
18. А.А.Рахманкулов, Т.З.Хайдаров, Р.Т.Рузиев. Влияние электропроводящих наполнителей на структурные параметры и теплопроводность поливинилиденфторида//«universum: технические науки» 12(105), Москва 2022. DOI -10.32743/UniTech.2022.105.12.14738 с 5-10. (02.00.00 № 1)
19. А.А.Рахманкулов, Т.З.Хайдаров, Р.Т.Рузиев. Влияние бинарных наполнителей на теплофизические свойства политетрафторэтилена// Композицион материаллар., №4 Тошкент 2022 г. С 88-91. (02.00.00 № 4, 05.00.00 № 13)
20. Рахманкулов А.А., Хайдаров Т.З. Особенность теплового движения в поливинилиденфториде//Наука, образование и культура № 10 (54), Масква 2020 с 4-7

21. А.А. Рахманкулов, Т.З. Хайдаров, Р.Т. Рузиев, С.К. Нуфтуллаев. Термический коэффициент объемного расширения пвдф и его композиций в присутствие дисперсных наполнителей// Композицион материаллар.,№3, 45-49 б. Тошкент 2021 й. С 44-48. (02.00.00 № 4, 05.00.00 № 13)

22. Рахманкулов Аликул Амирович. Исследование физико-механических свойств полимерных композитов, полученных на основе бинарных наполнителей//Universum: технические науки. Масква 11(116). DOI - 10.32743/UniTech.2023.116.11.16238 С 43-46 (02.00.00 № 1)

23. А.А.Рахманкулов, Ф.Давлатов. Исследования влияния дисперсного графита марки ГМЗ на теплофизические свойства и структуру поливинилиденфторида//Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув Халқаро илмий техникавий журнал Тошкент 2019,№3(87) с 11-15. (02.00.00 № 10, 05.00.00 № 12)

24. Рахманкулов А.А., Хамдамов С.Х. Интерпретация теплового движения в поливинилиденфториде // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. 3(4/2), April, 2023. <https://doi.org/10.24412/2181-1784-2023-4-2-635-638> с 635-638. (Scientific Journal Impact Factor, № 23)

## II бўлим (II часть; Part II)

25. Раҳмонкулов А. А. Джалилов А Т, Узоқов Г Н. Термобарқарор полимер композитларни Вика усули бўйича термофизик хусусиятларни тадқиқ этиш // Муқобил энергетика илмий техникавий журнали, Қарши 2024 96-101 б.

26. Раҳмонкулов А.А. Овлаев Ж.О Полимер материалларнинг хусусиятлари тўғрисида асосий тасаввурлар // “Fan va texnikada innovatsion texnologiyalar: fizik yechimlar, metrologik o‘lchashlar hamda elektronika va asbobsozlik muammolari” Qarshi 19–20 may 2023 yil.

27. Rahmonqulov A.A, Mavlonov R.R, Xolmuminov A.A. Polipropilenga asoslangan kompozitlarning termofizik xususiyatlari, modifikatsiyalangan ultrayuqori molekulyar og‘irlikdagi polietilen // Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston milliy universiteti Fizikaning rivojida fundamental-innovatsion tadqiqotlar va uning istiqbollari .Respublika ilmiy – amaliy konferensiya materiallari . 14-Oktabr 2022yil. 79-82bet.

28. А.А.Рахманкулов. Влияние волокнистого углеродного наполнителя грилен-2 на теплофизические свойства пентопласта // Хоразм Маъмун акд.минг йилл.Халқаро. илм. Конф.2006

29. Рахманкулов А.А. Ovlayev J.O. Turli strukturali kompozitsion qurilish materiallarini ishlab chiqarish asoslari. “Fan va texnikada innovatsion texnologiyalar: fizik yechimlar, metrologik o‘lchashlar hamda elektronika va asbobsozlik muammolari” Qarshi 19–20 may 2023 yil.

30. А.А.Рахманкулов. Полиэтилен, поливинилиденфторид ва улар асосидаги чизикли сополимерларда молекуляр силжишлар ва структуравий узгаришлар// Хоразм Маъмун акд.минг йилл.Халқаро. илм. Конф.2006

31. Rahmonqulov A.A, Mavlonov R.R, O'rolov A.A, Norboyev M.B. Poleitilin kompozitlarining termofizik xossalari// Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti Fizika fanining rivojida istedodli yoshlarning o'rni (riak-xv) . Respublika ilmiy – amaliy konferensiyasi ishlari to'plami 2-tom.Toshkent 2022yil.227-229 bet.

32. Раҳмонқулов А. А. Давлатов Ф.Ф. Влияние концентрации частиц бронзы в поливинилиденфториде на его теплопроводность.//Саноат қишлоқ хўжалигининг долзарб муаммоларини ечишда инновацион технологияларнинг аҳамияти. Қарши 2019. 107-109 б.

33. А.А.Раҳманқулов., Ж.О.Овлаев., Р.Т.Рўзиев. Юқори хароратга чидамли янги полимер қопламаларнинг сканерловчи электрон микроскоп (сэм) ва элемент таҳлили// “Mikro va nanotexnologiya yangi materiallar olishning zamonaviy holati va istiqbollari” Qarshi 2023

34. А.А.Раҳманқулов, Ғ.Н.Узоқов. Бино ва иншоатларни иссиқликдан химояловчи эпоксид смоласи асосида олинган композитнинг дифференциал термик таҳлили // “Qurilish inshootlarining yong'inga bardoshliligini takomillashtirish” mavzusidagi ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'lami. Toshkent, 2023-yil 30-avgust. 143-145 б.

35. А.А.Раҳманқулов, Ш.С.Сафаров. Теплофизические свойства композиционных материалов на основе поливинилиденфторида//Certificate of conference participant For participation in the scientific-online conference “Academic research in modern science” with an article entitled., Of conference participant 17.07.2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6865654>

36. А.А.Раҳманқулов., Ж.О.Овлаев., Т.З.Хайдаров. Исследование траектории движения углеродных наночастиц с помощью nanosight lm10 // “Mikro va nanotexnologiya yangi materiallar olishning zamonaviy holati va istiqbollari” Qarshi 2023

37. А.А.Раҳманқулов, Т.З.Хайдаров, Р.Т.Рузиев. Теплофизические свойства композиционных материалов на основе поливинилиденфторида//Sectoral research XXI: characteristics and features: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 2. pp.88-90), March 26, 2021. Chicago, USA: European Scientific Platform. <https://doi.org/10.36074/scientia-26.03.2021>

38. Раҳмонқулов А. А. Хайдаров Т.З. Рўзиев Р. Т. Полимер композицияли материалларда иссиқлик ўтказувчанлик назарияси ҳақида тасаввурлар // “Металлорганик юқори молекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари” Toshkent, 2021 65 б.

39. А.А.Раҳманқулов. Влияние структурных изменений в наполненном поливинилиденфториде на его тепло –и электрофизические свойства// Ярим ўтказгичлар ва полимерлар физикасининг долзарб муаммолари., Респ. Илмий амалий анжумани материаллари. УзМУ Тошкент, 2022й. б.б. 167-170

40. А.А.Раҳманқулов, Ж.О.Овлаев. Влияние бинарных наполнителей на Теплофизические свойства политетрафторэтилена// Илм-фан ва таълимда

инновацион ёндашувлар, муаммолар, таклифлар ва ечимлар халқаро илмий-амалий анжумани материаллар тўплами., Тошкент,2022 б.б..111-115

41. Раҳмонқулов А. А. Эпоксид смоласи асосидаги композит материалларни термомеханик хоссаларни тадқиқ этиш // Муқобил энергетика илмий техникавий журнали, Қарши 2023 96-101 б.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналы» таҳририятида таҳрир қилинди

Босишга рухсат этилди: 12.07.2024 йил.  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 78  
Тел (99) 832 99 79; (77) 300 99 09.  
Гувоҳнома reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй