

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

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

ТИЛАВОВА ЛОЛА ИНАТИЛЛОЕВНА

**ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ ВА ПОЛИОЛЕФИНЛАР
ЧИҚИНДИЛАРИ АСОСИДА РЕСУРСТЕЖАМҚОР КОМПОЗИЦИОН
МАТЕРИАЛЛАР ЯРАТИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резна материаллари кимёси ва технологияси
(техника фанлари)**

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Тилавова Лола Инатиллоевна

Полиэтилентерефталат ва полиолефинлар чиқиндилари асосида
ресурстежамкор композицион материаллар яратиш.....3

Тилавова Лола Инатиллоевна

Разработка ресурсосберегающих композиционных материалов на основе
отходов полиэтилентерефталата и полиолефинов 21

Tilavova Lola Inatilloevna

Development of resource-saving composite materials based on
polyethyleneterephthalate and polyolefin wastes39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

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

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

ТИЛАВОВА ЛОЛА ИНАТИЛЛОЕВНА

**ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ ВА ПОЛИОЛЕФИНЛАР
ЧИҚИНДИЛАРИ АСОСИДА РЕСУРСТЕЖАМҚОР КОМПОЗИЦИОН
МАТЕРИАЛЛАР ЯРАТИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резна материаллари кимёси ва технологияси
(техника фанлари)**

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T2444 рақам билан рўйхатга олинган.

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

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий аниқлашнинг веб-сайтларида (www.dipri.uz) ва «Ziyouet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyoue.com) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Муҳаммадиев Баходир Фазриддинович
к.т.ф.н. доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абел Нодира Сайибмонова
техника фанлари доктори, профессор

Адилов Раҳман Иркинович
техника фанлари доктори, д.и.т.

Етказчи ташкилот:

Бухоро давлат университети

Диссертация химояси Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонаси ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 рақамли Илмий кенгашининг «1» февраль 2022 йил соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтди (Манзил: 100174, Тошкент ш., Мирзо-Голиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; Факс: (99871) 227-12-73, e-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru, «Фан ва тараққиёт» ДУК, 2-қават, анжуманхона тали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг Ахборот-ресурс марказида (рўйхатга олинган №31-21) танишиб чиқиш мумкин. (Манзил: Тошкент ш., Мирзо-Голиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; Факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати «19» январь 2022 йилда тарқатилди.
(2021 йил 25 ноябрдаги №31-21 рақамли рўстр буйномаси)



С.С. Негматов

С.С. Негматов

Илмий даражалар берувчи илмий
кўрсаткичи, УХР ФА, т.ф.д., профессор

М.Э. Икромова

М.Э. Икромова

Илмий даражалар берувчи бўлиш
илмий кенгаши аъзоби, т.ф.д., к.и.т.

А.М. Зенитов

А.М. Зенитов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
бузургани илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда, синтетик полимерларга бўлган эҳтиёж 2020 маълумотларига кўра йилида 350 млн тоннадан ортиқни ташкил этмоқда. Уларнинг орасидан энг катта улуш полиэтиленга (ПЭ) 100,0 млн, кейинги ўринда полиэтилен-терефталатга (ПЭТ) 92 млн тонна, учинчи ўринда полипропиленга (ПП) 72,0 млн тонна, тўртинчи ўринда поливинилхлоридга (ПВХ) - 46,0 млн тонна тўғри келади. Прогнозларга кўра, яқин йилларда полимерларга бўлган талаб сезиларли даражада янада ошади. Бу полимерларга бўлган талабни ортиши ишлаб чиқариш унумдорлигини кенгайтириш билан бирга полимер чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини яратиш ҳамда улар асосида композицион материаллар ва буюмлар олишни тақозо этади. Бундан ташқари яратилган композицион материалларни термик характеристикаларини ҳамда уларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда синтетик полимерлар ва уларнинг чиқиндиларидан композициялар яратиш ҳамда улар асосида композицион материаллар олиш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда. Баъзи маълумотларга кўра, ривожланган мамлакатларда пластмассадан фойдаланиш аҳоли жон бошига йилига 1 тоннагача ошмоқда. Бундай шароитда полимер чиқиндиларини қайта ишлаш ва қайта ишлатиш муаммоси йилдан-йилга кескинлашиб бормоқда. Бу борада айниқса, энг кўп ишлатиладиган полиэтилентерефталат ва полиолефин (полиэтилен, полипропилен) лар чиқиндилари асосида ресерстежамкор композицион материаллар яратиш, полимер композицион материалларнинг тузилиши ва уларнинг механик хоссалари ўртасидаги ўзаро боғлиқлиги, уларнинг термик ва эксплуатацион хоссаларини ўрганишга ҳамда уларни қайта ишлашнинг самарали технологияларини ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда бутун жаҳонда бўлгани каби озиқ-овқат муаммоси ечимига қаратилган тадбирлар натижасида иссиқхоналарнинг кўпайтирилиши ва тоза ичимлик сувига бўлган талабнинг ортиши натижасида полиэтилен, полипропилен ва полиэтилентерефталатга талабни ортишига олиб келди. Бу эса Республикамизда мустақиллик йилларида полиэтилен, полипропилен ва поливинилхлорид ҳамда улар асосида композицион материаллар ишлаб чиқаришга асос бўлди. Бугунги кунда Навоийазот АЖ йилига 100 минг тонна полиэтилен, Шўртан ГКК йилига 125 минг тонна юқори ва паст зичликдаги полиэтилен ҳамда Уюстюрт кимё-газ мажусида йилига 387 минг тонна полиэтилен, 83 минг тонна пропилен ва полипро-пилен ишлаб чиқариш қувватлари ташкил этилди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегияси тўғрисида»¹ги, 2019 йил 30 октябрдаги ПФ-5368-сон

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

«Ўзбекистон Республикасининг 2030 йилгача атроф-муҳитни муҳофаза қилиш концепцияси» тўғрисидаги Фармонлари ва 2018 йил 20 октябрдаги ПҚ-841-сон «2030 йилгача бўлган даврда барқарор ривожланиш соҳасидаги миллий мақсад ва вазифаларни амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 15 мартдаги ПҚ-6079-сон «Рақамли Ўзбекистон -2030» Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё амалиётида полимер чиқиндилари асосида маҳсулотларни қайта ишлаш ва ишлаб чиқаришга олимлардан Н.С. Ениколопов, А.А. Тагер, В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев, А.А. Берлин, Ю.С. Липатов, Ю.Л. Морозов, В.С. Левин, В.И. Коростелев, М.В. Базунова, Ю.А. Прочухан, V.Sato Sadoa, Okura Tamaki, Г.А. Пилунов, З.А. Михитарова, Г.М. Цейтлин, С.С. Негматов, А.Т. Джалилов, Г.Р. Раҳманбердиев, С.Ш. Рашидова, М.А. Аскарлов, Ф.А. Магруппов, А.Х. Юсупбеков, Р.И. Адылов, Н.С. Абед, Б.Ф. Мухиддинов, А.С. Ибадуллаев, А.А. Рискүлов ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар.

Бугунги кунга келиб, Ўзбекистон шароитида иккиламчи хомашёлар, материаллар ва маҳсулотлар олиш учун полимер чиқиндиларини қайта ишлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Сўнгги йилларда ишлаб чиқариш ҳажмларининг ошиши ва турли полимер материаллардан фойдаланиш, уларни қайта ишлашда маълум қийинчиликларни туғдирмоқда. Шу боис полиэтилен-полиэтилентерефтлат, полипропилен-полиэтилентерефтлат асосида композиция тайёрлашнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш, кейинчалик улар асосида самарали атроф-муҳит муҳофазасини таъминловчи материаллар ва маҳсулотлар ишлаб чиқариш алоҳида қизиқиш уйғотмоқда.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонаси илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ №Ф-73-«Турли хил мақсадга йўналтирилган самарали композицион полимер материалларни олиш учун композициялар компонентларини физик-кимёвий ўзаро таъсир механизмини тадқиқ этиш ва уларнинг хоссаларини ўзгариши ва бошқарилиш қонунятларини ўрганиш» (2017-2020 йй.) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади полиэтилентерефтлат ва полиолефинлар чиқиндилари асосида ресурстежамкор композицион материаллар яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

полимер чиқиндиларининг суёқланмасидан композициялар олиш учун бир шнекли лаборатория экструдерини яратиш;

полимер чиқиндилари суёқланмалари асосида композициялар яратиш;
яратилган композицияларнинг механик хоссаларини ва тузилишини замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллар ёрдамида тизимли тадқиқ қилиш;
яратилган композициялар асосида материаллар, буюмлар олиш ва уларнинг баъзи хоссаларини тадқиқ қилиш;

полимер чиқиндиларини қайта ишлаш ва улар асосида буюмлар ишлаб чиқаришнинг илмий-услубий принципларини яратиш;

композицион полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг технологик линиясини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида полиэтилентерефталат, полиэтилен, полипропилен чиқиндилари, турли нисбатдаги ПЭТФ:ПЭ ва ПЭТФ:ПП композициялари олинган.

Тадқиқотнинг предмети композициялар, композицион материаллар ва улар асосида тайёрланган маҳсулотларнинг олиниши ва хоссаларини тизимли тадқиқ қилиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда комплекс физик-кимёвий таҳлил усулларида ИҚ-спектроскопия, рентген фаза анализи, дериватография ва стандарт анализ усуллардан фойдаланилган

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

полимер чиқиндилари суёқланмасидан композициялар олиш учун бир шнекли лаборатория экструдери ишлаб чиқилган;

яратилган полимер композицион материалларнинг тузилиши ва уларнинг механик хоссалари ўртасидаги ўзаро боғлиқликлар аниқланган;

яратилган композицияларнинг термик характеристикалари, уларнинг парчаланиш температурасининг бошланиши, парчаланиш тезлиги ва парчаланиш учун сарфланган энергия миқдорлари аниқланган;

яратилган композициялар асосида материаллар ва буюмлар олиниб, улар илк бор машинасозлик корхоналарида фойдаланиш учун тавсия этилган;

полимер чиқиндиларини қайта ишлаш ва улар асосида буюмлар ишлаб чиқаришнинг илмий услубий принциплари яратилган;

композициялардан композицион полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг технологик линияси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ПЭТФ, ПЭ ва ПП чиқиндилари асосида фойдаланиш учун юқори сифатли хомашё олинган;

композиция, материаллар ва улар асосида буюмлар таркибий қисмлар физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларига компонентлар миқдори таъсири қонуниятлари аниқланган;

полимер чиқиндиларини қайта ишлаш ва улар асосида буюмлар ишлаб чиқаришнинг илмий услубий принциплари ҳамда композициялардан композицион полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг технологик линияси яратилган;

Полиэтилентерефталат, полиэтилен ва полипропилен чиқиндиларидан полимер композицион материаллар ва буюмлар олиш ҳисобига атроф-муҳитни экологик муаммолари ҳал қилинган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотларда олиб борилган, ўтказилган кўп сонли экспериментларнинг натижаларини қониқарли мутаносиблиги ва миқдорий тасдиқлаш, дериватография, ИҚ-спектроскопия, рентгенофазовий таҳлил, узиш машинаси ва бошқалар каби замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти композицияни тизимли ва таркибий қисмларнинг миқдorigа боғлиқлиги, шунингдек ишлаб чиқилган композицияларнинг термик, морфологик ва физик-механик хоссаларини асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган композициялар асосида материаллар ва буюмлар ишлаб чиқариш, шунингдек, машинасозлик корхоналари учун детал (қисм) лар ишлаб чиқаришда яратилган композициялардан фойдаланиш ҳамда мева ва сабзавотлар учун идишлар ишлаб чиқаришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Полиэтилентерефталат ва полиолефинлар чиқиндилари асосида ресурстежамкор композицион материаллар яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

полиэтилентерефталат билан полиолефинлар чиқиндилари асосида машинасозлик деталларини ишлаб чиқариш учун ресурсларни тежайдиган композициялар «Навоий кон-металлургия комбинати» ДКда жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг 2021 йил 5 ноябрдаги 02-06-07/10673-сон маълумотномаси). Натижада, бошланғич композицияларга нисбатан эксплуатацион хоссалари 1,2-1,4 баробар юқори бўлган деталлар олиш имконини берган;

юқори эксплуатацион хоссаларга ва арзон нархдаги композицион материаллар «Навоий кон-металлургия комбинати» ДКда амалиётга жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг 2021 йил 5 ноябрдаги 02-06-07/10673-сон маълумотномаси). Натижада мева ва сабзавотларни сақлаш ва ташиш учун идишлар ишлаб чиқаришдан йилига 1,5 млрд сўмдан ортиқ иқтисодий самарага эришиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та Республика миқёсидаги ва 5 та халқаро конференцияларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 18 та илмий иш чоп этилган. Шулардан 6 та мақола, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (PhD) асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда, жумладан Республика нашрларида 5 та ва хорижий журналларда 1 та мақола нашр этилган ҳамда 1 та ЭҲМ учун дастур гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 117 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифлаган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Полимер материаллардан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолати ва уларнинг чиқиндиларини халқ хўжалигида қайта ишлаш муаммолари»** деб номланган биринчи бобида адабиётлар таҳлилига кўра, полимер материаллари ва улардан тайёрланган маҳсулотларни халқ хўжалигида ишлаб чиқариш ҳолати ва таҳлили аниқланган, дунё бўйича ҳар йили катта миқдорда қаттиқ чиқиндилар пайдо бўлиши келтирилган, бу кўрсаткич Россия Федерациясида 7 миллиард тоннага тўғри келади, унинг ҳудудида 80 миллиард тоннадан ортиқ қаттиқ чиқиндилар тўпланган, уларнинг баъзилари токсиклик, канцерогенлик, мутагенлик, юқори реакцион қобилиятли ва ёнғин хавфлилик каби хусусиятларга эга.

Статистик маълумотларга кўра, олинган полимер чиқиндилари таркибида масса улушида 34 % ПЭ, 20,4% ПЭТФ, 17 %-қоғоз ва картон асосидаги комбинацияланган материаллар, 13,6 %-ПВХ, 7,6 % полистирол, 7,4 %-полипропилен чиқиндиси ҳисобланади. Йиғиш ва қайта ишлашнинг энг юқори даражаси ПЭ-20 %, ПП-17 %гача, ПВХ чиқиндилари кўпи билан 10 %, ПС-12 %, ПЭТФ - тахминан 15 % чиқиндилари қайта ишланади.

Полиэтилентерефталат чиқиндиларини қайта ишлашнинг кўмиш, ёқиш, термик парчалаш каби мавжуд усуллари таҳлили берилган. ПЭТФ чиқиндиларини кимёвий қайта ишлаш гликолиз ҳисобланади. Тўйинмаган кўп асосли кислоталар ёки уларнинг ангидридлари қўшилган иккиламчи ПЭТФ гликолиз ва поликонденсациялаш нисбатан арзон тўйинмаган полиэстер смолалар олиш ва эструзия қилишга қаратилган. Полиэтилентерефталат чиқиндиларидан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолати ва унинг полиолефинлар билан ҳосил қилган композициялари ҳам таҳлил қилинади.

Келтирилган материаллар таҳлили шуни кўрсатадики, иккиламчи ПЭТФ асосан боғловчи ва қадоқлаш материали кўринишидаги толалар, плёнкалар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Melt-blown технологияси асосида олинган ПЭТФ материалдан тайёрланган толалар шовқин изоляцион материаллар, геотекстил, филтрлаш ва ютувчи элементлар, синтефон ишлаб чиқариш учун ишлатилади.

Диссертациясининг «**Чиқиндилар асосида композицион материаллар ишлаб чиқариш учун тадқиқот объектлари ва усулларини танлаш**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот усуллари ва объектлари, бошланғич материалларнинг физик-кимёвий хусусиятлари ва ИҚ спектроскопияси, термик усуллар, иссиқликка чидамлилиқ, суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи, механик хоссалар, рентгенофаза таҳлил ҳамда тадқиқот натижаларини статистик қайта ишлаш услуби ҳам келтирилган.

Диссертациянинг «**Полиэтилентерефталат ва полиолефинлар чиқиндилари асосида композициялар яратиш**» деб номланган учинчи бобида полиолефинларни ПЭТФ чиқиндилари асосида композициялар ишлаб чиқариш ва уларнинг айрим теплофизик, технологик ва мустаҳкамлик хоссаларини ўрганишга бағишланган.

Термопластик полимер материаллар асосан суюқланмадан маҳсулотларга қайта ишланади. Полимер материаллар суюқланмасининг характеристикалари суюқланиш температурасининг қиймати ($T_{\text{суюқ}}$) ва суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи (СОК) билан баҳоланади.

Суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичинини аниқлаш учун стандарт шароитда тажрибалар ўтказилди ва унинг натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Полиэтилен ва полипропиленнинг суюқланмаси оқувчанлик кўрсаткичи (СОК) га, суюқланманинг қовушқоқлигига, суюқланиш температурасига ($T_{\text{суюқ}}$) ва Вика бўйича иссиқликка чидамлилигига ПЭТФ миқдорини таъсири

Кўрсаткичлар	ПП	ПЭТФ миқдори, масс. %					ПЭТФ
	100	5	10	15	20	30	100
СОК, г/10 мин	4,0	3,7	3,4	3,1	2,7	2,3	3,9
Суюқланма қовушқоқлиги $\text{Па}\cdot\text{с}\cdot 10^{-3}$	24786	26795,6	29160,0	31981,9	36720,0	43106,1	36277
$T_{\text{суюқ}}$, °С	145	149	153	156	161	166	251
Вика бўйича иссиқликка чидамлилиқ, °С	145,0	146,4	148,0	149,7	155,5	167,0	192
СОК, г/10 мин	(ПЭ) 11,0	10	9	7,6	6,5	4,9	3,9
Суюқланма қовушқоқлиги $\text{Па}\cdot\text{с}\cdot 10^{-3}$	9200	9914,4	11016,0	13045,3	15252,9	20223,5	36277
$T_{\text{суюқ}}$, °С	138	140	144	147	153	158	250
Вика бўйича иссиқликка чидамлилиқ, °С	81	83	85	86	88	89	192

Тадқиқот натижаларига кўра, (1-жадвал) полиэтилен ва полипропилен таркибига полиэтилентерефталат чиқиндилари қўшилиши натижасида суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи қиймати бирмунча камаяди. Масалан,

10 ва 20% масса ПЭТФ чиқиндилари (иккиламчи) қўшиш натижасида, полиэтилен ва полипропилен СОК и мос равишда 9 г/10 мин дан 6,5 г/10 мин гача ва 3,4 г/10 мин дан 2,7 г/10 мин гача камаяди. Бу қийматлар дастлабки полимерлар ПЭ-11,0 ПП-4,0 г / 10 мин, ва ПЭТФ 3,9 г / 10 мин га тенг.

Суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи қийматига кўра суюқланманинг эффектив қовушқоқлиги ҳисобланди, кўриниб турибдики (жадвал.1) СОК қийматининг камайиши билан композицияларнинг эффектив қовушқоқлиги ортади. Бу полимер макромолекулаларидаги молекулалараро ўзаро таъсирларнинг камайиши билан боғлиқ.

Дастлабки полимерлар (ПЭ, ПП, ПЭТФ) ва улар композицияларининг суюқланиш температуралари ҳам аниқланди, уларнинг натижалари 1-жадвалда келтирилган.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, (1-жадвал) ПЭ ва ПП таркибида ПЭТФ миқдорининг ортиши ПЭ ва ПП нинг суюқланиш ҳароратини ошишига олиб келади. Мисол учун, ПЭТФнинг 10 ва 20 % масса улушида полиэтиленнинг $T_{\text{суюк}}$ мос равишда 144 ва 151 °С га, ППда эса бу кўрсаткич 153 ва 161 °С га тенг.

Полимер материалларни амалда қўллашни тавсифловчи параметрлардан бири иссиқликка чидамлилиқдир. ПЭТФ билан ПЭ ва ПП миқдорининг иссиқликка чидамлилиги Вика усули билан баҳоланган маълумотлар 1-жадвалда келтирилган. Жадвалдан кўриниб турибдики, ПЭ ва ПП композицияларининг иссиқликка чидамлилиги табиий равишда ортади. Бу ПЭ (ПП) макромолекулаларининг ПЭТФ билан молекулалараро ўзаро таъсирининг бир мунча ортиши билан изоҳланади.

Инкрементлар усули билан суюқланиш ҳарорати, полимерлар ва унинг композициясининг бошланғич парчаланиш ҳарорати (Тб.п.т.) молекулаларни жойлашиш коэффиценти ва Гильдебранд эрувчанлик параметрлари ҳисобланди, натижалари 2-жадвалда келтирилган.

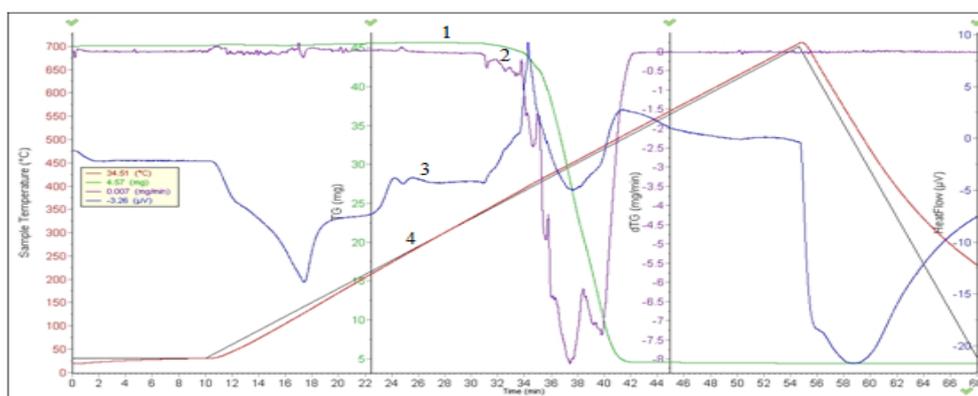
Инкрементлар усули билан парчаланишнинг бошланиш температураси, молекуляр жойлашиш коэффиценти ва Гильдебранд эрувчанлик параметри назарий жиҳатдан ҳисобланди. Таҷриба натижалари ва ҳисобланган маълумотлар ўртасида яхши корреляция мавжудлиги аниқланди.

Полиэтилентерефталат ва полиэтилен (полипропилен) чиқиндилари асосида ишлаб чиқилган композицияларнинг термик хоссалари дериватография усули билан текширилди. 1-расмда иккиламчи полиэтилен билан полиэтилентерефталат мидорини динамик термогравиметрик эгри чизиғи (ДТГА), термогравиметрик ҳосиласи (ТГП) ва дифференциал сканер калориметрияси (ДСК) таҳлили натижалари келтирилган.

ДТГА эгри чизиқларини ўрганиш, натижаларини таҳлил қилиш, (1-расм, 1-эгри чизиқ) асосан, битта сигмоиддан иборат эканлигида кўринади, бу жараён 350°С дан 525°С гача бўлган ҳарорат оралиғида бир босқичда содир бўлишини кўрсатади, масса йўқотилиши эса 90,20% ни ташкил этади.

Гомополимерлар (полипропилен, полиэтилен ва полиэтилен терефталат) ва улар композицияларининг айрим хусусиятларини тажрибада олинган ва ҳисобланган қийматлари

Композицияда ПЭТФ микдори, масс. %	Т _{суюк} , °С		Т _{п.т.б.} , °С		Полимер зичлиги, г/см ³ , (тажр.)	Молекулаларни жойлашиш коэффициенти, (ҳисоб.)	Гильдебранд эрувчанлик параметри каль/см ³ (ҳисоб.)
	Тажриба	Ҳисоблан	Тажриба	Ҳисобланган			
0 (ПП)	145	150	296	289	0,9371	0,689	10,7
5	149	155	288	280	0,9592	0,679	10,6
10	153	169	286	277	0,9815	0,649	10,5
15	156	175	279	271	1,0036	0,634	10,4
20	161	180	274	268	1,0258	0,629	10,3
30	166	185	272	264	1,0702	0,621	10,2
100(ПЭТФ)	251	273	315	296	1,3807	0,693	10,1
0 (ПЭ)	121	137	438	431	0,9371	0,677	9,5
5	123	155	435	429	0,9817	0,679	8,4
10	128	169	427	420	0,9808	0,645	8,7
15	131	180	408	416	0,9802	0,612	9,0
20	136	188	420	428	0,9791	0,594	9,2
30	140	202	428	435	0,9821	0,573	9,4
100(ПЭТФ)	251	273	315	296	1,3807	0,693	10,1



1-ДТГА эгри чизиғи; 2-ТГП эгри чизиғи; 3-ДСК эгри чизиғи; 4-эгри (ҳарорат чизик)

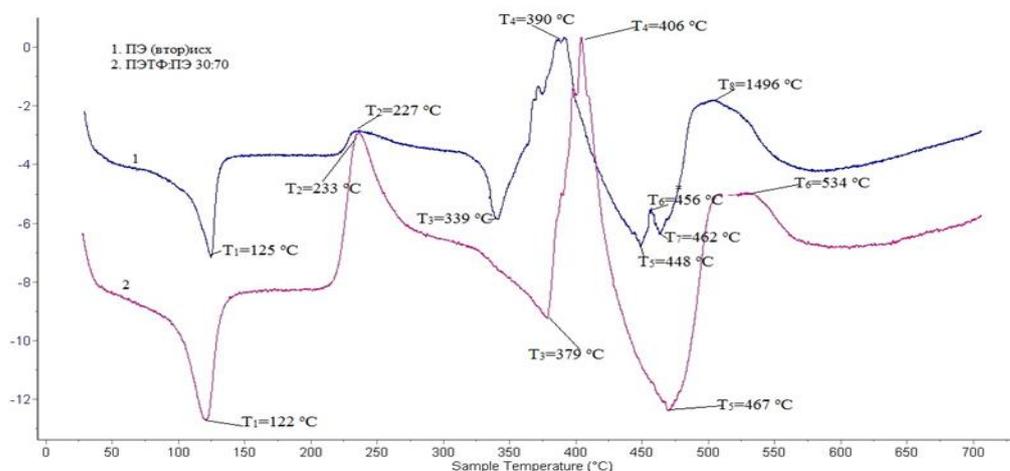
1-расм. Полиэтилентерефталатнинг иккиламчи полиэтилен билан ПЭТФ:ПЭ 30:70 композицияларининг дериватограммаси

Парчаланиш асосан 100 °С да бошланиб, ПЭТФ ва ПЭ нинг бошланғич полимерлари учун 5,49 ва 4,16 % да мос равишда бошланади. Ҳарорат ортиши билан дастлабки полимерларнинг парчаланиш тезлиги ортади. Полимерларнинг интенсив парчаланиши асосан 200°С дан кейин содир бўлади ва 400-450°С да максимумга етади, масса йўқотилиши эса ПЭТФ учун 35,98 %

ва 98,42 % ва ПЭ учун 5,41% ва 40,83% ни мос равишда ташкил этади. Бундан келиб чиқадики, полиэтилен полиэтилентерефталатга нисбатан анча термик жиҳатдан барқарор бўлади.

ПЭТФ:ПЭ_(икки.) 30:70 композициясининг ТГП эгри чизиғини таҳлили шуни кўрсатадики, (1-расм, 2-эгри чизиқ) термик парчаланиши 400-500°C ҳарорат оралиғида юқори тезликда боради. Масалан, 400°C да 3,449 мг/мин, 450°C 4,534 мг / мин ва 500°C да 5,643 мг/мин.

Иккиламчи полиэтилен билан иккиламчи ПЭТФ ва ПЭ композицияларининг ДСК эгри чизиқлари ҳам таҳлил қилинди. Дастлабки ПЭ нинг ДСК эгри чизиғи таҳлили (2-расм, 1-эгри чизиқ) тўртта эндотермик ва учта экзотермик чўққилардан иборат эканлиги кўринади.



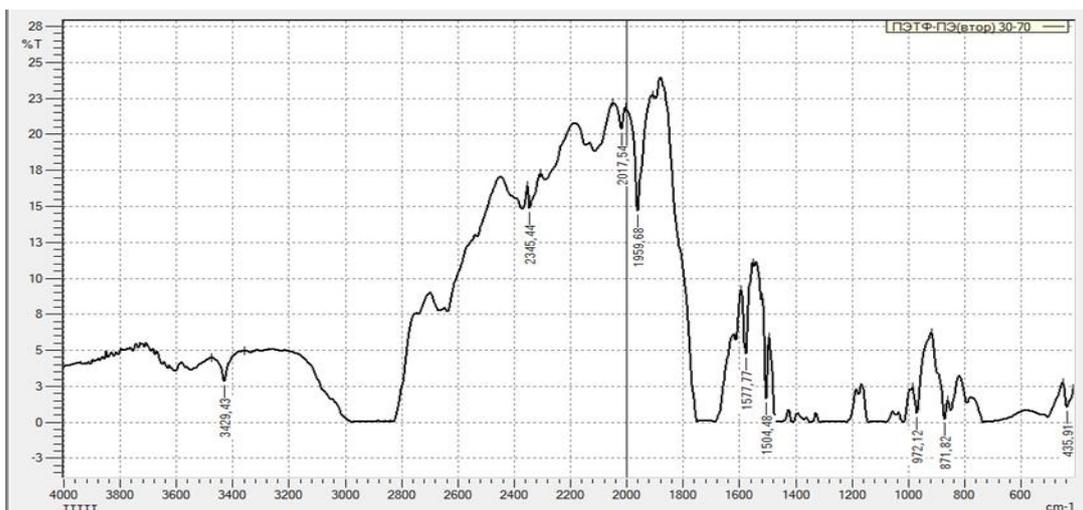
2-расм. Иккиламчи полиэтилен (1) ва иккиламчи полиэтиленни ПЭТФ (ПЭТФ: ПЭ 30: 70) (2) билан композициясини ДСК эгри чизиғи

125⁰С да эндоэффектнинг биринчи чўққиси ПЭ макромолекулаларнинг кристалларининг суюқланиши ва 339°C, 448°C ва 462°C температураларда эндоэффектлар полимерни термик парчаланишни кўрсатади, 339°C ва 448°C да термооксидли парчаланиши кучсиз углерод-углерод боғларнинг узилиши билан содир бўлади ва 462°C даги эндотермик чўққи этилен ҳосил бўлиши билан полиэтиленнинг деполимерланиши билан боғлиқ бўлиши мумкин. 237°C, 390°C ва 504°C температуралардаги экзотермик чўққилар эса полимернинг термооксидли деструкциясига тегишли бўлади.

ПЭТФ билан ПЭ композициясининг ДСК эгри чизиғи таҳлил қилинганда (2-расм, 2-эгри чизиқ), эгри чизиқ асосан учта эндотермик ва учта экзотермик чўққилардан иборат. 122°C ва 232 °C температуралардаги биринчи ва иккинчи чўққилар ўз навбатида ПЭ ва ПЭТФ кристалларининг суюқланишига, 227°C, 406°C ва 534°C температуралардаги экзотермик чўққилар эса полимер композицияларининг термооксидли деструкцияга хосдир.

ИҚ-спектроскопик усули полимер ва композицион полимер материалларнинг тузилишини аниқлаш учун кенг қўлланилади.

Иккиламчи полиэтилен билан полиэтилентерефталат композицияларининг ИҚ-спектрлари олинди, уларнинг спектри 3-расмда келтирилган.



3-расм. Иккиламчи полиэтилен билан ПЭТФ 30:70 нисбатдаги композициясининг ИҚ спектри

Маълумки, полиэтилентерефталат полимери таркибида эфир гуруҳи – COO-ва этилен гуруҳи –CH₂-CH₂-, бензол ҳалқаси мавжуд бўлади. Булар полимернинг ИҚ спектрларида 3649 см⁻¹, 3630 см⁻¹, 3433 см⁻¹ соҳаларда ютилиш чизиқлари кузатилиб, уларни COO-полиэфир гуруҳларига тегишли бўлган деформацион тебранишларга тегишли дейиш мумкин. Бу гуруҳларнинг валент тебранишлари 1720 см⁻¹, 1701 см⁻¹ соҳаларида намоён бўлади. Кучсиз интенсивликдаги ютилиш чизиқлари бензол ҳалқасининг –СН гуруҳига тегишли 1577 см⁻¹ ва 2808 см⁻¹ соҳасида, шунингдек спектрда кузатиладиган –CH₂-CH₂- гуруҳи учун 3018 см⁻¹ ва 980-880 см⁻¹ соҳаларда кузатилди (кучсиз интенсив.).

ПЭ нинг ИҚ-спектрларини таҳлил қилганда CH₂ гуруҳга тегишли бўлган маятниксимон тебранишлар 720 см⁻¹, алифатик- CH₂ гуруҳларининг валентли симметрик тебранишлари 2839 см⁻¹, алифатик- CH₂ гуруҳларининг 2870 см⁻¹, 2958 см⁻¹ валент ассиметрик тебранишларига хос ютилиш чизиқлари кузатилди.

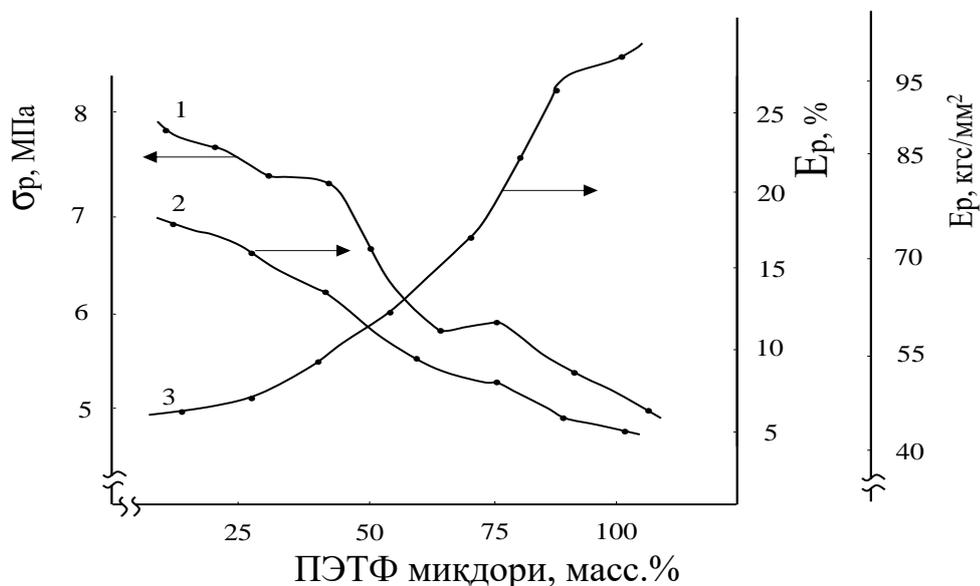
Бу композиция намуналарининг ИҚ-спектрларида ютилиш чизиғининг айрим соҳаларида қисман ўзгариш кузатилади. Дастлабки полимерлардан фарқли равишда 972 см⁻¹ (-CH₂-CH₂-) ва 1411 см⁻¹ (-CH₂ деформацияси) соҳасида композициялар спектрларида ютилиш чизиқлари пайдо бўлади, композицияларда ПЭ миқдори ортиши билан чўкки (пик) интенсивлиги 50:50 нисбатгача ортади, кейин камаяди.

=C=O гуруҳининг тебранишларида ютилиш чизиқлари 1720 см⁻¹ дан 1698 см⁻¹ ва 1780 см⁻¹ гача силжиши ҳам мавжуд. 3000-2830 см⁻¹ (-CH₂-CH₂- ва антисимметрик ютилиш =CH₂) соҳасида интенсивлиги ёйиқ (пологий) максимум ҳосил қилади.

Полимер композицион материалларнинг қўлланиш соҳаларини белгиловчи энг муҳим хоссаларидан бири уларнинг физик-механик хусусиятларидир. Шу муносабат билан полиолефин чиқиндилари (полиэтилен, полипропилен) билан полиэтилентерефталат чиқиндилари

асосидаги композицияларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш алоҳида қизиқиш уйғотди.

Полиолефинлар (полиэтилен, полипропилен) механик хоссаларини ПЭТФ миқдорига қараб, ўзгартириш экстремал характерга эга бўлади. Полимер таркибига маълум бир миқдорда ПЭТФ қўшилиши (4-расм) чўзилиш вақтидаги мустаҳкамлик ошишига олиб келади. Таркибда ПЭТФ миқдорининг кейинги ортиши чўзилиш пайтида мустаҳкамликнинг аста-секин пасайиши билан кечади.



1-узилишдаги мустаҳкамлик; 2-узилишдаги нисибий чўзилувчанлик;
3-букилишдаги эластиклик модули

4-расм. Иккиламчи полиэтиленни механик хоссаларига полиэтилентерефталат чиқиндилари миқдорини таъсири

Узилишдаги мустаҳкамликнинг тартибсиз ўзгаришини асослаш учун ПЭТФ: ПЭ (иккиламчи) композициялари рентген фазали усул ёрдамида ўрганилди. Тадқиқот натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, ПЭТФ миқдорининг ортиши билан кристалланиш даражаси ошади. Масалан, 30% ПЭТФ тутган иккиламчи ПЭ кампозициясининг кристалланиш даражаси 65,27%, 40%, 50% ва 60% да эса 64,91%, 66,51% ва 66,15% ни мос равишда ташкил қилади. Шундай қилиб узилишдаги мустаҳкамликни ўсиши ва камайиши, шубҳасиз макромолекулалар тартиблигининг ортиши ва полимернинг кристалланиш даражасининг ортиши билан боғлиқ бўлиб, буни рентген фазали таҳлил натижалари маълумотидан кўришимиз мумкин (3-жадвал).

Узилишдаги мустаҳкамликни камайиш сабаби намунани микробирхиллик бўлмаслиги ёки микрогетерогенлигидан излаш лозим, чунки берилаётган юк намуна бўйлаб бир текисда тақсимланмайди ва айрим қисмларида сезиларли даражада катта бўлади.

Пайдо бўлган микроёриқлар тез ўсиб боради ва бутун намуна бўйлаб тарқалади, бу эса ўз навбатида полимер кампозитнинг мустаҳкамлигини пасайишига олиб келади.

**Полиэтиленни кристалланиш даражасинининг ПЭТФ миқдорига
боғлиқлиги**

Полимер номи	ПЭТФ миқдори, масс.%	Кристалланиш даражаси, %
Полиэтилен	0	38,32
	10,0	51,99
	20,0	56,57
	30,0	53,29
	40,0	51,32
	50,0	53,51
	60,0	53,65
	70,0	53,31
	80,0	49,13
	90,0	49,18

Диссертациянинг «Полимер чиқиндилари асосида композит полимер материаллар олиш технолгияси ва яратилган таркибларнинг амалий ва иқтисодий аспекти ва уларнинг техник-иқтисодий самарадорлиги» деб номланган тўртинчи бобида кўп сонли таҳлиллар асосидаги тадқиқот натижалари келтирилган, полимер чиқиндилари асосида улардан композицион полимер материаллари ва буюмлари олишнинг илмий-методик принциплари ишлаб чиқилган.

Полимер материаллар чиқиндиларидан композитлар олиш учун бир шнекли экструдер ишлаб чиқилди ва тайёрланди. Экструдернинг асосий қисми шнек.

Одатда экструдерларда учта геометрик соҳалар (зона) билан фарқланади: I-таъминлаш; II-суюқлантириш (қисиш); III-босим бериш (нормалаш). Қандайдир ускуна тайёрлашда авваламбор агрегатнинг техник имкониятларини дастлабки ҳисоблашларини амалга ошириш зарур.

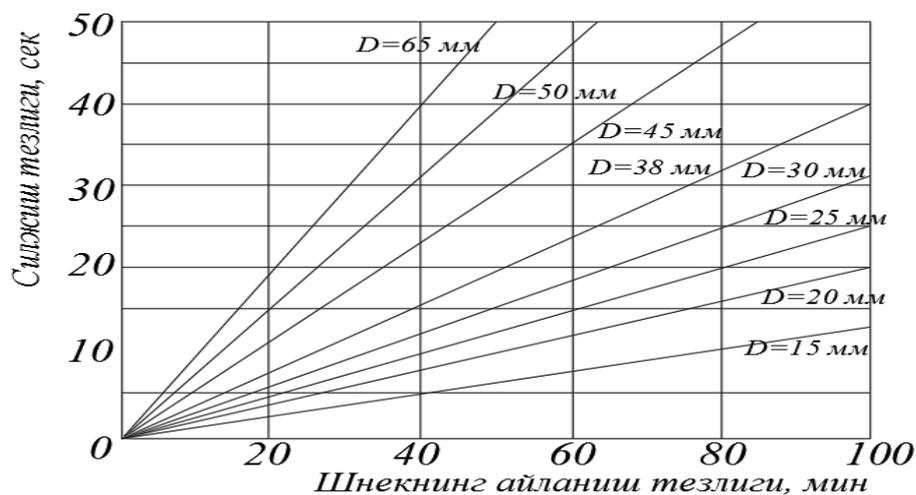
Бизнинг ҳолатимиздаги турлича сондаги айланишларда винт найидаги нормаловчи гомогенлаш соҳасини (зона) силжиш тезлиги V_c ни аниқлаймиз, силжиш тезлиги (сек^{-1}) ифодаси қуйидаги кўринишга эга:

$$V_c = \frac{\pi n}{60} \left(\frac{D}{h} - 2 \right)$$

5-расмда V_c ни шнек айланиши сонига, унинг турлича диаметрида, боғлиқлиги кўрсатилган.

Тадқиқот натижаларига кўра, (5-расм) шнекни айланиш сони ва диаметрини ошиб бориши билан, силжиш тезлиги ҳамда қайта ишланадиган полимер маҳсулотининг чиқиш унуми ҳам ортади.

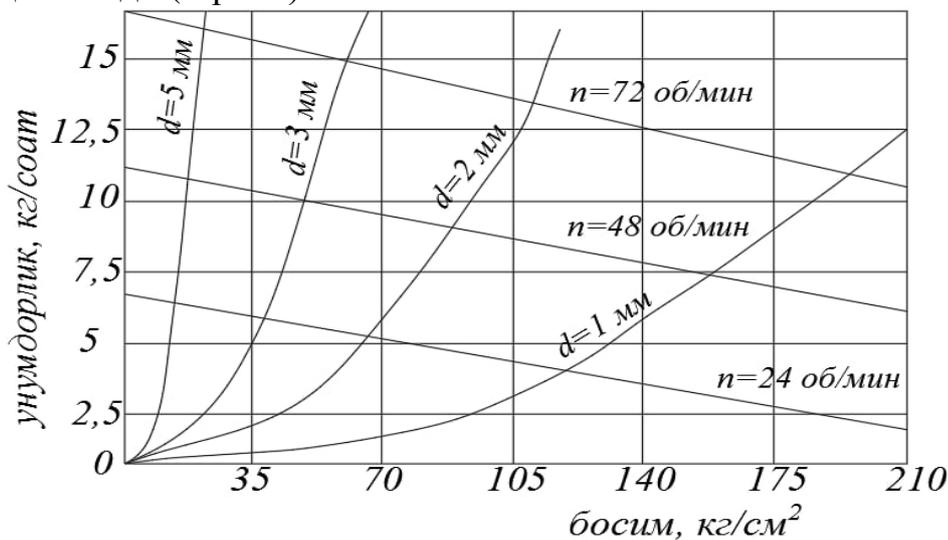
Шнекнинг чиқиш жойидаги босимнинг турлича қийматларида Р-20, 40, 60 $\text{кг}/\text{м}^2$ ва ундан кўпроқ бўлганда, шнекнинг каналида суюқланманинг тескари оқими ҳисобланади.



5-расм. Силжиш тезлигининг турлича диаметрли шнекни айланиш сонига боғлиқлиги

$$Q_s = \frac{bh^3}{12L} \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot \frac{p_1}{M_{эфф}}$$

L-катталигини билган ҳолда, одатда гомогенловчи соҳа узунлиги сифатида олинади, яъни 3-5 винт иплари (арқонлари) тўғри оқим қиймати, тесқари оқим қийматларидан чиқариб (ҳисоблаб) P-Q (унумдорлик босими) координаталар системасида шнекни ҳар бир айланишлар сони учун пасаяувчи тўғри чизиқ олинади (6-расм).



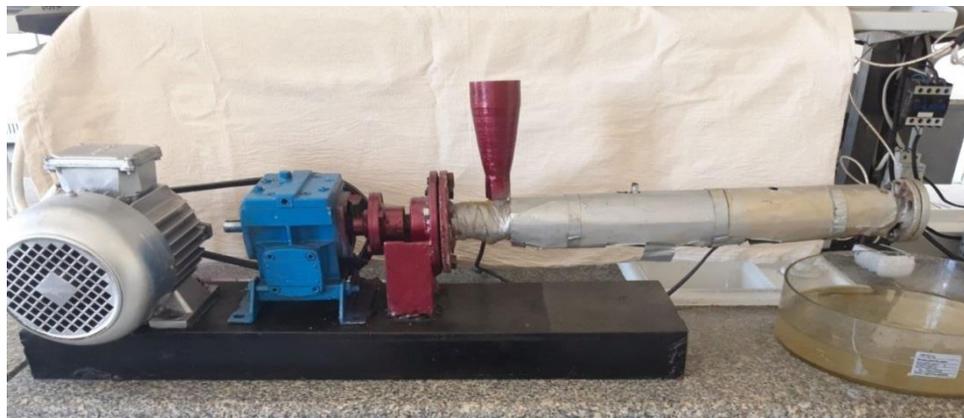
6-расм. Айлана (думалок) най орқали экструзиялашда ишлаб чиқариш унумдорлигини назарий эгри чизиқларини босимга, шнекни турли сондаги айланишларидаги массага ва чиқиш жойидаги туйнук ўлчамига боғлиқлиги

Шнекни ишлаш тартиби (график) ва чиқиш жойидаги туйнукни ишлаш тартибини бирлаштириб, ушбу эктрузион машинани тўлиқ диаграммасини олинади (6-расм).

Бу диаграмма етарлича аниқликда (± 5) машинанинг унумдорлиги ва босим бўйича техник имкониятларини кўрсатади ҳамда машинани механик

ҳисоблашларига асос бўлиб, шнек, цилиндр ва чиқиш жойидаги туйнук хизмат қилади.

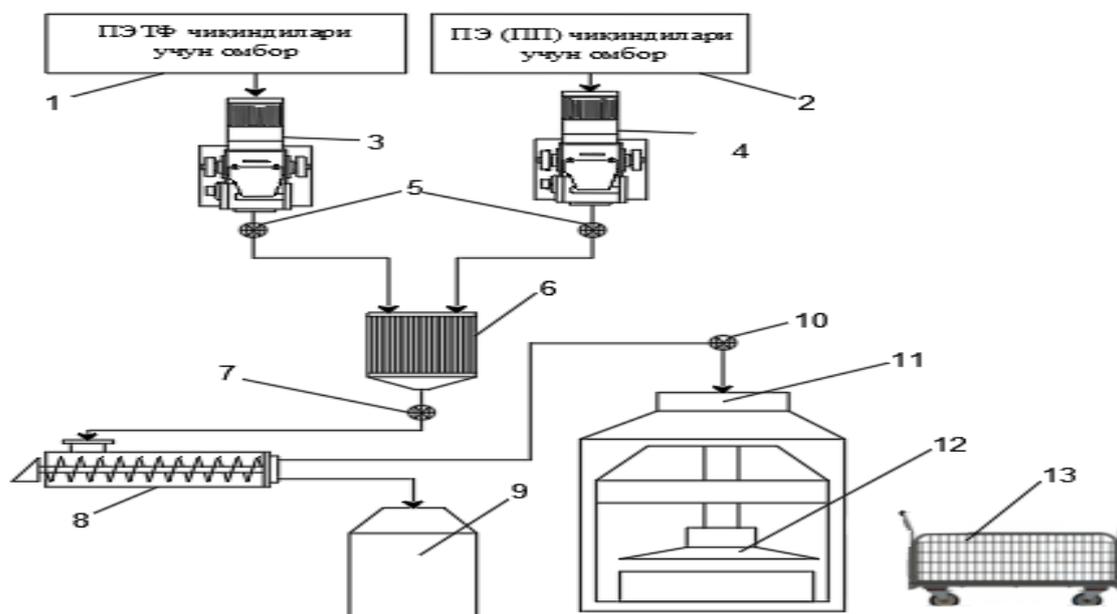
Назарий ва экспериментал натижалар асосида биз полимер суюқланмаларидан композиция олиш учун бир шнекли лаборатория экструдери қурилмаси яратилди (7-расм).



7-расм. Шнекли экструдернинг умумий кўриниши

Композицион полимер материалларини олиш ва ичимлик идишларини сақлаш ва ташиш учун таралар ҳамда машинасозликда қўлланиладиган қисм (детал)ларни, улардан куйма шаклида олиш учун технологик линия ишлаб чиқилди.

Композит полимер материалларни ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнлари узлуксиз схемада амалга оширилади.



1-ПЭТФ чиқиндилари сақланадиган омбор; 2-ПЭ(ПП) чиқиндилари сақланадиган омбор; 3-ПЭТФ чиқиндиларини майдалаш учун майдалагич; 4-ПЭ, ПП чиқиндилари учун майдалагич; 5,7,10-дозаторлар (оғирлик бўйича ўлчовчи); 6-аралаштиргич; 8-қиздирувчи экструзион аралаштиргич; 9-қадоклаш тараси; 11-қуйиш машинаси; 12-пресс-форма; 13-тайёр маҳсулотлар учун аравачалар.

8-расм. Композициялардан композицион полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг технологик линияси

Ичимлик идишларини сақлаш ва ташиш учун таралар ҳамда машинасозликда қўлланиладиган деталларнинг композицион полимер материаллари ва контейнерларини ишлаб чиқариш бўйича технологик линиянинг тавсифи:

1 ва 2 омборлардан ПЭТФ ва ПЭ (ПП) чиқинди материаллари мос равишда майдалаш машиналари 3 ва 4 га киради. Маълум вақт ичида ПЭТФ ва ПЭ (ПП) чиқинди материаллари маълум дисперсиягача майдаланади. Полиэтилентерефталат ва полиэтилен (ПП) дисперсиялари 4 ва 5 дозаторлар орқали керакли миқдорда аралаштиргич 6 га олдиндан аралаштириш учун берилади. Майдаланган аралашмалар композиция ҳосил қилингандан сўнгра улар 11 қиздирувчи экструдер аралаштиргичга гомоген масса ҳосил бўлиши учун узатилади. Бу ҳолатда аралаштириш жараёни аралашманинг таркибий қисмларини 130-150°C температурада қиздириш билан бир вақтда содир бўлади. Аралашманинг таркибий қисмларини аралаштириш вақти аралашманинг таркибига қараб 5-10 дақиқани ташкил этади. Кўп ҳолларда аралаштиришда аралашмага ҳар хил заррачалар ва ҳаво киришининг олдини олиш мақсадга мувофиқ бўлиб, уларнинг мавжудлиги таркиб мустаҳкамлигининг камайишига олиб келади. Экструзион аралаштиргичдан 8 дан, таблеткалар шаклидаги таркибнинг ҳосил бўлган аралашмаси қадоқлаш камераси 9 га ўтади ёки дархол 10 дозатор орқали қарши қуйиш машинаси 11 нинг конвеерига юкланади.

Шундай қилиб, полимер маҳсулотлар композициялари жараёнининг барқарорлигини, зарур ўлчовлар аниқлигини ва қўшимча механик қайта ишлашларни назарда тутувчи маҳсулотларнинг юқори сифатини таъминлайдиган босим остида қуйиш усули орқали тайёрланди.

Полимер ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида ишлаб чиқилган композициялардан машинасозликда ишатиладиган маҳсулотларнинг бир қатор қисмлари (деталлар) (зичлаштиргич, сепгич, қопқоқ) ни ишлаб чиқаришдан олинган иқтисодий самарадорлик 64 млн сўмдан ортиқни ҳамда мева ва сабзавотларни сақлаш ва ташиш учун пластмасса идиш (тара) лар ишлаб чиқаришда эса йилига 1,5 млрд сўмни ташкил этди.

ХУЛОСАЛАР

1. Полиолефин чиқиндилари (полиэтилен, полипропилен) билан полиэтилентерефталат чиқиндилари асосида композицияларнинг оптимал таркиби ишлаб чиқилди.

2. Полиолефинлар таркибида полиэтилентерефталат миқдори ортиши билан суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи камайиб, эффектив қовушқоқлиги ошиши аниқланди.

3. Гильдебранд эрувчанлик параметри (δ) инкремент усули билан ҳисобланиб, унинг эрувчанлик параметри - δ кўрсаткичларига кўра полипропилен полиэтиленга нисбатан полиэтилентерефталат билан аралаштириш даражаси (совместимости- мосланувчанлик) юқори эканлиги аниқланди.

4. Композицияларнинг парчаланишни бошланиш температуралари, парчаланиш тезликлари ва парчаланиш учун сарфланган энергия миқдорларининг полиэтилентерефталат миқдorigа боғлиқлиги ҳамда полиэтилентерефталатнинг миқдори ошиши билан ПЭТФ:ПЭ ва ПЭТФ:ПП композицияларини парчаланишининг бошланғич температурасининг пасайиши аниқланди.

5. Полимер ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида композицион полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг илмий-услубий асослари ишлаб чиқилди.

6. Полимер материаллардан олинган чиқиндиларни суюқланмадан экструзия йўли билан қайта ишлаш учун модул қурилма яратилди ва ишлаб чиқилди.

7. Композицион полимер материаллар ва улардан тайёрланган маҳсулотлар учун технологик регламент ҳамда уларни амалга ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди.

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

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

ТИЛАВОВА ЛОЛА ИНАТИЛЛОЕВНА

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ПОЛИОЛЕФИНОВ**

**02.00.07 - Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых
материалов (технические науки)**

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

Ташкент– 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2021.4.PhD/T2444 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

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

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

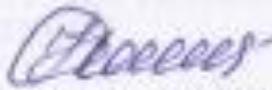
- Научный руководитель:** Мухиддинов Баходир Фатридинович
доктор химических наук, профессор
- Официальные оппоненты:** Абед Нодира Сайибжоновна
доктор технических наук, профессор
Адилев Рахшан Иркинович
доктор технических наук, доцент
- Ведущая организация:** Бухарский государственный университет

Защита диссертации состоится «1» февраля 2022 года в 11⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараққийёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Галиба, 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyoat@mail.ru, на здании «Фан ва тараққийёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

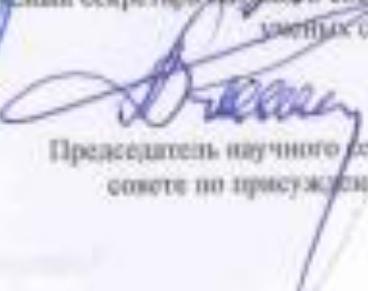
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараққийёт» (Зарегистрированный номер №31) (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Галиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «19» января 2022 года.
(протокол реестра №31-21 от 25 ноября 2021 года).




С.С. Негматов
Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, академик АН РУз, д.т.н., профессор


М.Э. Икрамова
Член секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., с.н.с.


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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире по сведениям 2020 года потребление синтетических полимеров превышает более 350 млн. тонн. Среди них наибольшая доля приходится на полиэтилен (ПЭ) 100,0 млн тонн, следующее место – полиэтилентерефталат (ПЭТФ) 92 млн тонн, на третьем месте полипропилен (ПП) 72,0 млн тонн, на четвертом месте поливинилхлорид (ПВХ) 46,0 млн тонн. Согласно прогнозам, спрос на полимеры в ближайшие годы заметно вырастет. Возрастание спроса в полимерах приводит к расширению эффективности производства вместе с разработкой технологии переработки полимерных отходов и получению композиционных полимерных материалов и изделий на их основе. Кроме того особое значение имеет изучение термических характеристик разработанных композиционных материалов, а также их физико-механических и эксплуатационных свойств.

В настоящее время в мире ведутся научные исследования по разработке композиций из синтетических полимеров и их отходов и получению композиционных материалов на их основе. По некоторым данным использование пластика в развитых странах возросло до 1 тонны в год на душу населения. В этих условиях из года в год обостряется проблема переработки и повторного использования полимерных отходов. По поводу этого особое внимание уделяется разработке эффективной технологии переработки отходов, часто используемых полиэтилентерефталата и полиолефинов (полиэтилена, полипропилена), созданию на их основе ресурсосберегающих композиционных полимерных материалов, и изучению строения композиционных материалов, взаимосвязи между механическими свойствами, термических и эксплуатационных свойств.

В нашей республике проводятся мероприятия, как и во всём мире, направленные на решение продовольственной проблемы, в результате которой идет увеличение тепличных хозяйств, возрастание потребностей в чистой питьевой воде, приводящие, в свою очередь, к повышению потребностей в полиэтилене, полипропилене и полиэтилентерефталате. В независимые годы нашей Республики всё это явилось основой для организации производства полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и композиционных материалов на их основе. На сегодняшний день производственная мощность АО «Навоийазот» составляет 100 тыс. тонн ПВХ в год, ГХК «Шуртан» имеет производственную мощность 125 тыс. тонн полиэтилена высокой плотности и полиэтилена низкой плотности в год, а производственная мощность ГХК Устюрт составляет 400 тыс. тонн этилена, 387 тыс. тонн полиэтилена высокой плотности, 83 тыс. тонн пропилена и полипропилена в год.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года за №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»¹, №УП – 5368 от 30 октября

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

2019 года «Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», в Постановлениях от 20 октября 2018 года № ПП-841 «О мерах по реализации национальных целей и задач в области устойчивого развития до 2030 г.» и от 15 марта 2020 года №ПП-6079 утверждения Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В мировой практике значительный вклад в развитие переработки и получения изделий на основе отходов полимеров внесли ученые Н.С. Ениколопов, А.А. Тагер, В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев, А.А. Берлин, Ю.С. Липатов, Ю.Л. Морозов, В.С. Левин, В.И. Коростелев, М.В. Базунова, Ю.А. Прочухан, V.Sato Sadoa, Okura Tamaki, Г.А. Пилунов, З.А. Михитарова, Г.М. Цейтлин, С.С. Негматов, А.Т. Джалилов, Г.Р. Рахманбердиев, С.Ш. Рашидова, М.А. Аскарлов, Ф.А. Магруппов, А.Х. Юсупбеков, Р.И. Адылов, Н.С. Абед, Б.Ф. Мухиддинов, А.С. Ибадуллаев, А.А. Рискулов и др.

На сегодняшний день в условиях Узбекистана особое значение имеет вторичная переработка полимерных отходов (ПЭТФ, ПП и ПЭ) с получением материалов и изделий. В последние годы увеличение объемов производства и применения различных полимерных материалов, вызывают определенные сложности при их переработке. Поэтому разработка научных основ получения композиции на основе отходов полиэтилен-полиэтилентерефталата, полипропилен-полиэтилентерефталата и изделий из них обеспечивающие эффективную защиту окружающей среды, вызывают особый интерес.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова ГУП «Фан ва тараккиет» на тему: №Ф-73 – «Исследование механизма физико-химического взаимодействия компонентов композиций и установление закономерности изменения и регулирования их свойств для получения эффективных композиционных полимерных материалов различного назначения» (2017-2020 гг.)

Целью исследования является разработка ресурсосберегающих композиционных материалов на основе отходов полиэтилентерефталата и полиолефинов.

Задачи исследования:

разработка лабораторного одночервячного экструдера для получения композиции из расплава отходов полимеров;

получение композиции из расплава на основе отходов полимеров;

исследование структуры и механических свойств разработанных композиции современными физико-химическими методами;

получение материалов и изделий на основе разработанных композиций и исследование их свойств;

разработка научно-методических принципов производства деталей на основе переработки полимерных отходов;

разработка технологической линии изготовления композиционных полимерных материалов.

Объектом исследования являются отходы полиэтилентерефталата, полиэтилена, полипропилена; композиции ПЭТФ:ПЭ и ПЭТФ:ПП в разных соотношениях.

Предметом исследования являются получение композиции на основе отходов полимерных материалов, систематические и комплексные исследования их свойств, а также материалов и изделий полученных на их основе.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы комплексные физико-химические методы исследований, такие как инфракрасная спектроскопия, рентгенография, дериватография и стандартные методы анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан и изготовлен лабораторный одночервячный экструдер для получения композиций из расплава отходов полимеров;

выявлена взаимосвязь между структурами и механическими свойствами разработанных полимерных композиционных материалов;

определены термические характеристики созданных составов, температура начала их разложения, скорость разложения и количество энергии, затрачиваемой на разложение;

на основе разработанных композиций были получены материалы и изделия, которые были впервые рекомендованы для использования на машиностроительных предприятиях;

разработаны научно-методические принципы переработки полимерных отходов и производства деталей на их основе;

разработана технологическая линия по производству композиционных полимерных материалов из композиций.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны композиции на основе отходов ПЭТФ, ПЭ и ПП, являющиеся качественным сырьём для дальнейшего использования;

определены закономерности действий количества компонентов на физико-химическое и физико-механические свойства составных частей изделий и материалов на основе композиции;

созданы научно-методические принципы по переработке полимерных отходов и получению изделий на их основе, а также технологическая линия производства полимерных композиционных материалов из композиций;

решены экологические проблемы за счёт получения композиционных материалов из отходов полиэтилентерефталата, полиэтилена и полипропилена.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных

результатов подтверждается проведением значительных объемов лабораторных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением результатов исследования с использованием современных физико-химических методов анализа, таких как дериватография, ИК-спектроскопия, рентгенография, разрывная машина и другие.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обусловлена зависимостью состава от количества режимов и структурных компонентов, а также обоснованием термических, морфологических и физико-механических свойств разработанных композиций.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется производством материалов и изделий на основе разработанных композиций, а именно, деталей (частей) для машиностроительных предприятий, а также производством тары для хранения и транспортировки фруктов и овощей.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по разработке ресурсосберегающих композиционных материалов на основе отходов полиэтилентерефталата и полиолефинов получены следующие результаты:

разработанные ресурсосберегающие композиции на основе отходов полиэтилентерефталата с отходами полиолефинов внедрены в Государственной предприятии «Навоийский ГМК» (справка ГП «Навоийский ГМК» №02-06-07/10673 от 5 ноября 2021 года). В результате, появилась возможность получить детали с эксплуатационными свойствами в 1,2-1,4 раза выше, чем у исходных составов;

композиционные материалы с высокими эксплуатационными свойствами и низкой стоимостью внедрены в Государственной предприятии «Навоийский ГМК» (справка ГП Навоийского горно-металлургического комбината за №02-06-07/10673 от 5 ноября 2021 года). В результате, появилась возможность получения тары для хранения и транспортировки фруктов и овощей с экономической эффективностью более 1,5 млрд. сум/год.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования апробированы на 6 республиканских и 5 международных научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 18 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD), изданы 6 научных статей, в том числе 5 в республиканских журналах и 1 в зарубежных а также получена сертификат программы для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние применения полимерных материалов и проблемы утилизации их отходов в народном хозяйстве»** по проведенному литературному анализу были определены состояние и анализ производства полимерных материалов и изделий на их основе в народном хозяйстве, приведены ежегодно образующиеся на земном шаре огромное количество твердых отходов, 7 млрд тонн приходится на Российскую Федерацию, на территорию которой уже накоплено 80 млрд тонн твердых отходов, некоторые из них обладают такими свойствами, как токсичность, канцерогенность, мутагенность, высокая реакционная способность и пожароопасность.

По статистическим данным в структуре образующихся полимерных отходов 34 масс.% составляют отходы ПЭ, 20,4 масс.% - ПЭТФ, 17 масс.% - комбинированных материалов на основе бумаги и картона, 13,6 масс.% - ПВХ, 7,6 масс.% - полистирола, 7,4 масс.% - полипропилена. Наибольшим уровнем сбора и переработки характеризуются отходы ПЭ -20 масс.%, ПП – до 17 масс.%, отходов ПВХ – перерабатывается не более 10 масс.%, ПС – 12 масс.%, ПЭТФ – около 15 масс.%.

Приведены анализ существующих способов переработки отходов полиэтилентерефталата, таких как захоронение, сжигание, термическое разложение. Химической переработкой отходов ПЭТФ является гликолиз. Гликолиз и поликонденсация вторичного ПЭТФ с добавлением ненасыщенных многоосновных кислот или их ангидридов является целью получения сравнительно дешевой ненасыщенных полиэфирных смолы и экструзии. Также проанализированы современное состояние применения отходов полиэтилентерефталата и композиции его с полиолефинами.

Анализ представленных материалов показывает, что вторичный ПЭТФ, в основном, используется в производстве волокон, пленки в виде обвязочного и упаковочного материала. Волоконные полотна из ПЭТФ, полученные по технологии melt-blown, применяются для производства шумоизолирующих материалов, геотекстиля, фильтрующих и абсорбирующих элементов, синтепона.

Во второй главе диссертации **«Выбор объекты и методы исследования для разработки композиционных материалов из отходов»** описаны способы и объекты исследований, приведены физико-химические свойства исходных материалов и характеристики методов исследования, таких как, ИК-спектроскопия, термические методы, теплостойкость, показатель текучести

расплава, механические свойства, рентген фазный анализ и др. Также приведены статистическая обработка результатов исследований.

Третья глава диссертации «Разработка композиций на основе отходов полиэтилентерефталата с отходами полиолефинами» посвящена получению композиций на основе отходов ПЭТФ с полиолефинами и исследование их некоторых теплофизических и технологических свойств.

Термопластичные полимерные материалы перерабатывают в изделия в основном из расплава. Характеристики расплава полимерных материалов оценивают по значению температуры плавления ($T_{пл.}$) и показателю текучести расплава (ПТР).

Нами проведены эксперименты для определения показателя текучести расплава в стандартных условиях, результаты которых приведены в табл.1.

Таблица 1

Влияние содержания ПЭТФ на показатель текучести расплава (ПТР), вязкость расплава, температуру плавления ($T_{пл.}$) и теплостойкость по Вику полиэтилена и полипропилена

Показатели	ПП	Содержание ПЭТФ, масс. %					ПЭТФ
	100	5	10	15	20	30	100
ПТР, г/10 мин	4,0	3,7	3,4	3,1	2,7	2,3	3,9
Вязкость расплава Па·с·10 ⁻³	24786	26795,6	29160,0	31981,9	36720,0	43106,1	36277
$T_{пл.}$, °С	145	149	153	156	161	166	251
Теплостойкость По Вику, °С	145,0	146,4	148,0	149,7	155,5	167,0	192
ПТР, г/10 мин	(ПЭ) 11,0	10	9	7,6	6,5	4,9	3,9
Вязкость расплава Па·с·10 ⁻³	9200	9914,4	11016,0	13045,3	15252,9	20223,5	36277
$T_{пл.}$, °С	138	140	144	147	153	158	250
Теплостойкость По Вику, °С	81	83	85	86	88	89	192

Как показывают результаты исследования (табл.1), добавление в состав полиэтилена и полипропилена отходов полиэтилентерефталата, значение показателя текучести расплава незначительно снижается. Например, добавление 10 и 20 масс.% отходов (вторичного) ПЭТФ соответственно снижается от 9 г/10 мин до 6,5 г/10 мин и от 3,4 г/10 мин до 2,7 г/10 мин, соответственно. Это значение исходных полимеров ПЭ-11,0 ПП- 4,0 г/10 мин, а для ПЭТФ 3,9 г/10 мин.

По значению показателя текучести расплава рассчитана эффективная вязкость расплава, видно (табл.1) что с уменьшением значения ПТР вязкость

расплава композиций возрастает. Это обусловлено уменьшением межмолекулярных взаимодействий в макромолекулах полимера.

Также нами определены температуры плавления исходных полимеров (ПЭ, ПП, ПЭТФ) и их композиций, результаты которых приведены в табл.1.

Результаты исследования показывают (табл.1) что с увеличением содержания ПЭТФ в составе ПЭ и ПП температура плавления ПЭ и ПП возрастает. Например, и при содержании 10 и 20 масс. % ПЭТФ $T_{пл}$ полиэтилена равна 144 и 151°C, а у ПП 153 и 161 °С, соответственно.

Одним из параметров, характеризующих практическое применение полимерных материалов является теплостойкость. В табл.1 приведены данные по теплостойкости композиций ПЭ и ПП с ПЭТФ оцененные по методу Вика. Как видно из табл.1 теплостойкость композиций ПЭ, ПП закономерно возрастает. Это, очевидно, связано с немногим усилением межмолекулярного взаимодействия макромолекул ПЭ (ПП) с ПЭТФ.

Также методом инкрементов рассчитана температура плавления, температура начала разложения полимеров и его композиций ($T_{н.р.}$), коэффициент молекулярной упаковки и параметр растворимости Гильдебранда, результаты которых представлены в табл. 2.

Для предсказания растворимости полимера в различных органических растворителях, а также для предварительной оценки совместимости полимеров друг с другом часто используется такая характеристика, как параметр растворимости Гильдебранда (δ).

Известно, что с увеличением значения δ , улучшается совместимость и растворимость полимера. Сравнивая значения параметра растворимости Гильдебранда композиций ПЭТФ:ПП и ПЭТФ:ПЭ можно сказать что, полипропилен хорошо совмещается с полиэтилентерефталатом, чем полиэтилен.

Теоретически рассчитаны методами инкрементов температура начала разложения, коэффициент молекулярной упаковки и параметр растворимости Гильдебранда. Выявлена хорошая корреляция между экспериментальными и расчетными данными.

Исследованы методом дериватографии термические характеристики разработанных композиций на основе отходов полиэтилентерефталата и полиэтилена (полипропилена). На рис.1 приведены результаты анализа динамических термогравиметрических кривых (ДТГА), термогравиметрический производный (ТПП) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) композиции полиэтилентерефталата с первичным и вторичным полиэтиленом (полипропилена).

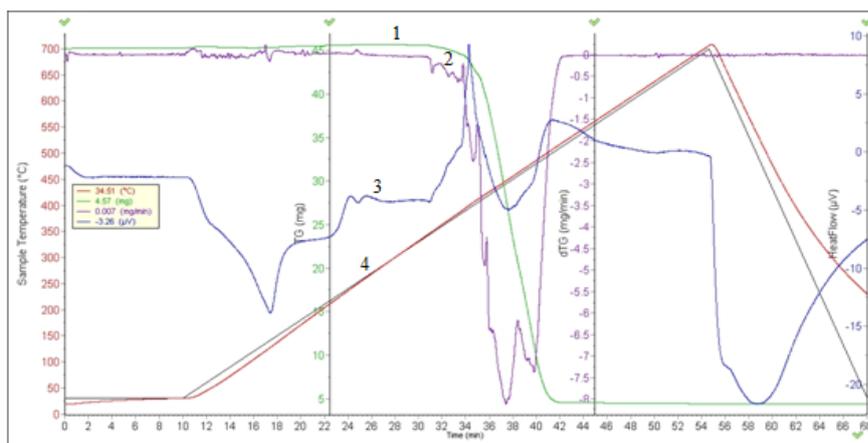
Анализ результатов исследования кривых ДТГА (рис.1, кривая 1 и табл.1) показывает, что кривая состоит в основном из одного сигмоида, процесс которого происходит в одной стадии в интервале температур от 350°C до 525°C, при этом потеря массы составляет 90,20 %.

Экспериментальные и расчетные значения некоторых характеристик гомополимеров (полипропилена, полиэтилена и полиэтилентерефталата) и их композиций

Композиции с содержанием ПЭТФ, масс.%	$T_{пл}, ^\circ C$		$T_{н.р}, ^\circ C$		Плотность полимера, г/см ³ , (эксп.)	Коэффициент молекулярной упаковки, (расч.)	Параметр растворимости Гильдебранда ³ кал/см ³
	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.			
0 (ПП)	145	150	296	289	0,9371	0,689	10,7
5	149	155	288	280	0,9592	0,679	10,6
10	153	169	286	277	0,9815	0,649	10,5
15	156	175	279	271	1,0036	0,634	10,4
20	161	180	274	268	1,0258	0,629	10,3
30	166	185	272	264	1,0702	0,621	10,2
100(ПЭТФ)	251	273	315	296	1,3807	0,693	10,1
0 (ПЭ)	121	137	438	431	0,9371	0,677	9,5
5	123	155	435	429	0,9817	0,679	8,4
10	128	169	427	420	0,9808	0,645	8,7
15	131	180	408	416	0,9802	0,612	9,0
20	136	188	420	428	0,9791	0,594	9,2
30	140	202	428	435	0,9821	0,573	9,4
100(ПЭТФ)	251	273	315	296	1,3807	0,693	10,1

Разложение начинается в основном при 100 °С у исходных полимеров ПЭТФ и ПЭ, которые составляют 5,49 и 4,16 масс.%, соответственно. С возрастанием температуры возрастает скорость разложения исходных полимеров. Интенсивное разложение полимеров в основном, происходит после 200°С и достигается максимума при 400-450 °С, при этом потеря массы составляет у ПЭТФ 35,98 масс.% и 98,42 масс.%, а у ПЭ 5,41 масс.% и 40,83 масс.%, соответственно. Отсюда следует что, полиэтилен намного термостабилен чем полиэтилентерефталат.

Анализ кривых ТГП композиций ПЭТФ:ПЭ_(втор.) 30:70 показывает, что (рис.1, кривая 2) терморазложение с большой скоростью протекает в интервале температур 400-500°С. Например, при 400°С 3,449 мг/мин, 450°С 4,534 мг/мин и при 500°С 5,643 мг/мин.



1-кривая ДТГА; 2-кривая ТГП; 3-кривая ДСК; 4- кривая (линия) температура)

Рис.1. Дериватограмма композиций полиэтилентерефталат со вторичным полиэтиленом ПЭТФ:ПЭ_{втор.} 30:70

Также проанализированы кривые ДСК исходного ПЭ и композиций ПЭТФ с полиэтиленом. Анализ кривой ДСК исходного ПЭ (рис.2, кривая 1) показывает, что она состоит из четырех эндотермических и трёх экзотермических пиков.

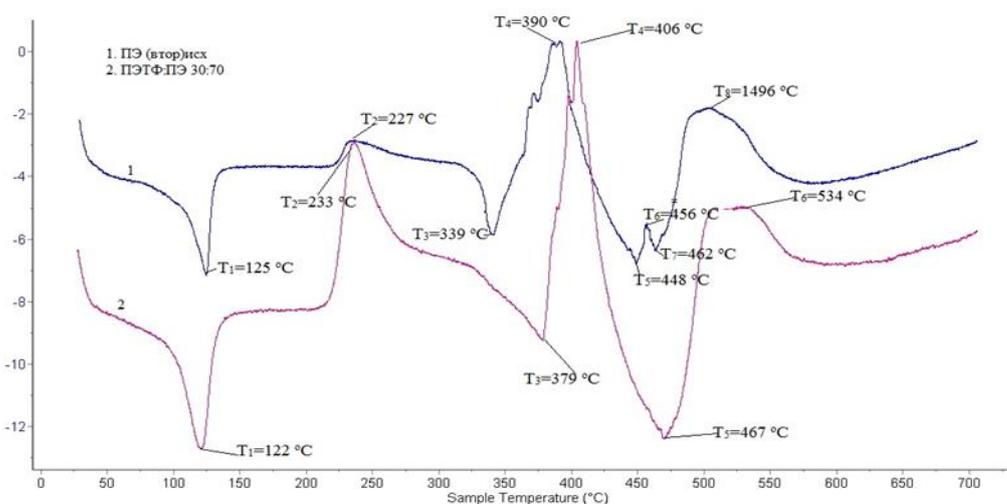


Рис.2.Кривые ДСК исходного вторичного полиэтилена (1) и композиций полиэтилентетрафторэтилена со вторичным полиэтиленом ПЭТФ:ПЭ 30:70(2)

Первый пик эндоэффект при 125°C относится к плавлению кристаллических участков макромолекул ПЭ, а эндоэффекты при температурах 339 °C, 448°C и 462°C это относятся к термо-разложению, что при 339°C и 448 °C происходит термоокислительная деструкция с разрывом слабых углерод-углеродных связей, а эндотермический пик при 462°C может быть связан деполимеризацией полиэтилена с образованием этилена. А экзотермические пики при температурах 237°C, 390°C и 504°C обусловлены термоокислительной деструкцией полимера.

Из анализа кривой ДСК композиции ПЭТФ с ПЭ (рис.2, кривая 2) видно, что кривая состоит в основном из трёх эндотермических и трёх экзотермических пиков. Первый и второй пик при температурах 122⁰С и 232⁰С относится к плавлению кристаллических участков ПЭ и ПЭТФ, соответственно, а экзотермические пики при температурах 227⁰С, 406⁰С и 534⁰С характерны для термоокислительной деструкции полимерной композиции.

Для определения структуры полимерных и композиционных полимерных материалов широко используется ИК-спектроскопический метод.

Нами были сняты ИК – спектры композиций полиэтилентерефталата со вторичным полиэтиленом, спектр которого представлен в рис.3.

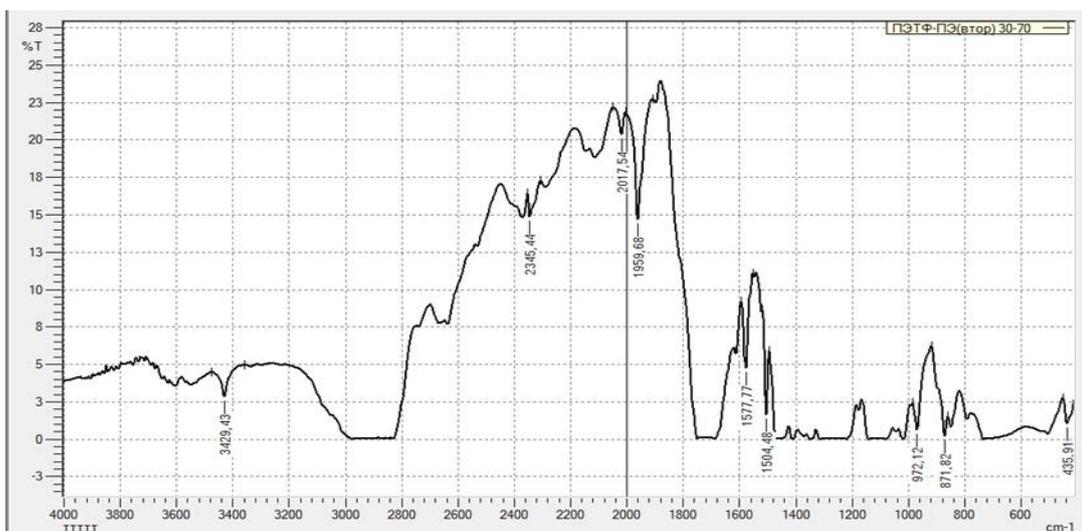


Рис.3. ИК – спектр композиций полиэтилентерефталата со вторичным полиэтиленом ПЭТФ:ПЭ 30:70

Как известно в составе полимера полиэтилентерефталата содержится бензольное кольцо эфирной группа –COO- и этиленовая группа –CH₂-CH₂-. В ИК-спектрах этого полимера наблюдается следующие полосы поглощения в области 3649см⁻¹, 3630см⁻¹, 3433см⁻¹, которые можно отнести деформационные колебание –COO-полиэфирных групп. Валентные колебания этих же групп проявляется в области 1720, 1701 см⁻¹. Полоса поглощения слабой интенсивностью наблюдается в области 1577 см⁻¹ и 2808см⁻¹ относящиеся –СН группы бензольного кольца, а также в спектре и имеются полосы для группы –СН₂-СН₂- в области 3018 см⁻¹ и 980-880 см⁻¹ (сл, интен.).

При анализе ИК спектров ПЭ наблюдались полосы поглощения в области 720 см⁻¹ которые относятся к маятниковым колебаниям-СН₂ групп, 2839 см⁻¹ валентные симметричные колебания алифатических -СН₂ групп, 2870 см⁻¹, 2958 см⁻¹ валентные ассиметричные колебания алифатических-СН₂ групп.

В ИК-спектрах этих композициях образцов наблюдается в некоторых областях полосы поглощения частичное изменение. В отличие от исходных полимеров в спектрах композиций появляются полосы поглощения в области 972 см⁻¹ (-СН₂-СН₂-) и 1411 см⁻¹ (деформация угла СН₂), с увеличением

содержание ПЭ в композициях интенсивность пика повышается до соотношения 50:50, затем уменьшается.

В колебаниях $-C=O$ группы также наблюдается смещение полос от 1720 см^{-1} до 1698 см^{-1} и 1780 см^{-1} . Полоса поглощения в области $3000-2830\text{ см}^{-1}$ ($-CH_2-CH_2-$ и антисимметричный поглощение $-CH_2$) образует интенсивный пологий максимум.

Одним из важнейших характеристик, определяющих области применения полимерных композиционных материалов, являются их физико-механические свойства. В этой связи особый интерес представляли исследования физико-механических свойств композиций на основе отходов полиэтилентерефталата с отходами полиолефинами (полиэтилен, полипропилен).

Изменение механических свойств полиолефинов (полиэтилен, полипропилен) от содержания ПЭТФ имеет экстремальный характер. Введение в состав полимера некоторое количество ПЭТФ (рис.4) приводит к возрастанию прочности при разрыве. Дальнейшее увеличение содержания ПЭТФ сопровождается постепенным снижением прочности при разрыве.

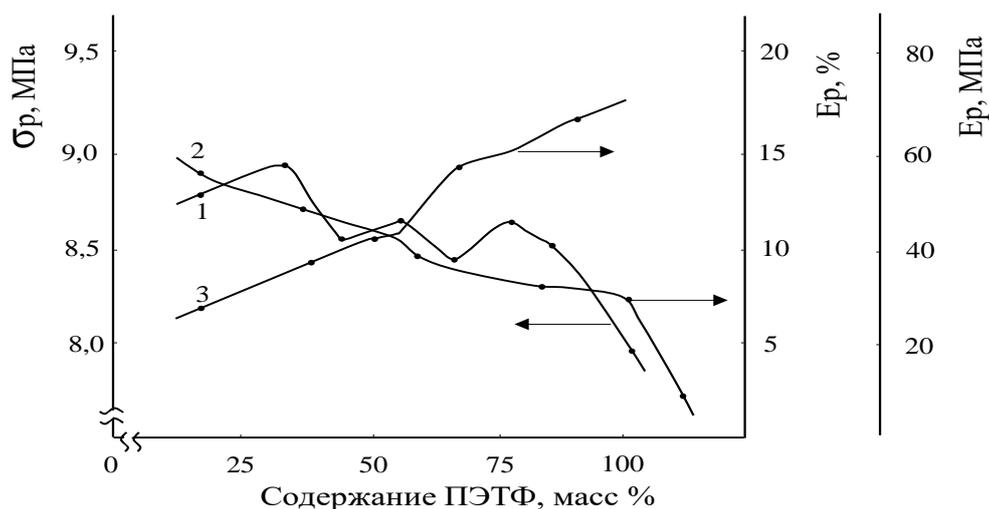


Рис.4. Изменение механических показателей вторичного полиэтилена от содержания отходов полиэтилентерефталата: 1- прочности при разрыве; 2-относительного удлинения при разрыве; 3- модуля упругости при растяжении

Для обоснования незакономерного изменения прочности при разрыве изучены степени кристалличности композиции ПЭТФ:ПЭ (втор.) и ПЭТ:ПП(втор.) рентгенофазовым методом. Анализ результатов исследования (табл.3) показывает, что с увеличением содержания ПЭТФ в состав полиэтилена до 30 масс.% степени кристалличности возрастает, при содержании 40 масс.%, 50масс.% и 60 масс.% ПЭТФ степени кристалличности изменяются экстремально. Например, при содержании 30 масс.% ПЭТФ в состав вторичного полиэтилена степень кристалличности составляет 65,27%, а при содержании 40 масс.% , 50 масс.%, 60 масс.% степень кристалличности составляют 64,91%, 66,51% и 66,15 %, соответственно.

Таким образом, наблюдаемое возрастание и снижение прочности при разрыве очевидно, связано с возрастанием упорядоченности макромолекул и увеличением степени кристалличности полимера, о чем свидетельствует данные рентгенофазового анализа (табл.3).

Дальнейшее увеличения содержания ПЭТФ ведёт к снижению прочности при разрыве. Причину снижения прочности при разрыве следует искать в микронеоднородности или микрогетерогенности образца, так как приложенная нагрузка распределяется неравномерно по образцу и на отдельных участках оказывается значительно большей.

Возникающие микротрещины быстро растут и распространяются на весь образец, что может служить мерой низкой прочности полимерной композиций.

Таблица 3

Зависимость изменения степени кристалличности полиэтилена от содержания полиэтилентерефталата

Название полимера	Содержание полиэтилентерефталата, масс.%	Степень кристалличности, %
Полиэтилен	0	38,32
	10,0	51,99
	20,0	56,57
	30,0	53,29
	40,0	51,32
	50,0	53,51
	60,0	53,65
	70,0	53,31
	80,0	49,13
	90,0	49,18

В четвертой главе «**Практические и экономические аспекты созданных составов и технологии получения композиционных полимерных материалов на основе отходов производств и их технико-экономическая эффективность**» приведены на основе многочисленных анализов результаты исследований, были разработаны научно-методические принципы получения композиционных полимерных материалов и изделий из них на основе отходов производства полимеров.

Нами разработан и изготовлен червячный экструдер для получения композиций из отходов полимерных материалов. Основным органом экструдера является червяк.

В экструдерах обычно различают три геометрические зоны: I-питания; II-плавления (сжатия) и III-выдавливания (дозирования). Прежде чем изготовить какое-либо оборудование необходимо произвести предварительные расчеты технических возможностей агрегата.

Определяем скорость сдвига V_c дозирующей гомогенизирующей зоны канала червяка при различных числах оборота нашего случая, выражение скорости сдвига (в сек⁻¹) имеет вид:

$$V_c = \frac{\pi n}{60} \left(\frac{D}{h} - 2 \right)$$

На рис.5 показана зависимость V_c от числа оборотов шнека при различных его диаметрах.

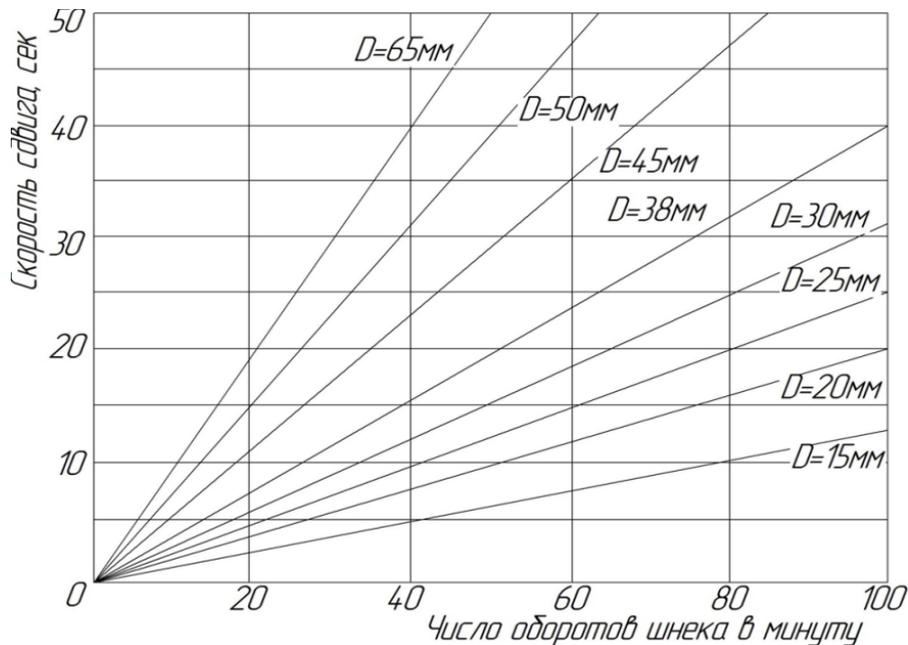


Рис.5 Зависимость скорости сдвига от числа оборотов шнека при различных его диаметрах

Как видно из результатов исследования (рис.5) с увеличением числа оборотов и диаметра шнека возрастает скорость сдвига с одновременным увеличением выхода перерабатываемого полимерного продукта.

Вычислим обратный поток расплава в канале червяка при различных значениях давления на выходном конце червяка $P=20, 40, 60 \text{ кг/м}^2$ и больше:

$$Q_s = \frac{bh^3}{12L} \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot \frac{p_1}{M_{эфф}}$$

Зная величину L , которая обычно берется как длина гомогенизирующей зоны, т.е. 3-5 витков червяка. Вычитая из значения прямого потока, значения обратного потока, получим в системе координат $P-Q$ (давление производительность) для каждого числа оборотов червяка снижающуюся прямую (рис.6).

Совмещая графики работ червяка и головки, получаем полную диаграмму данной экструзионной машины (рис.6).

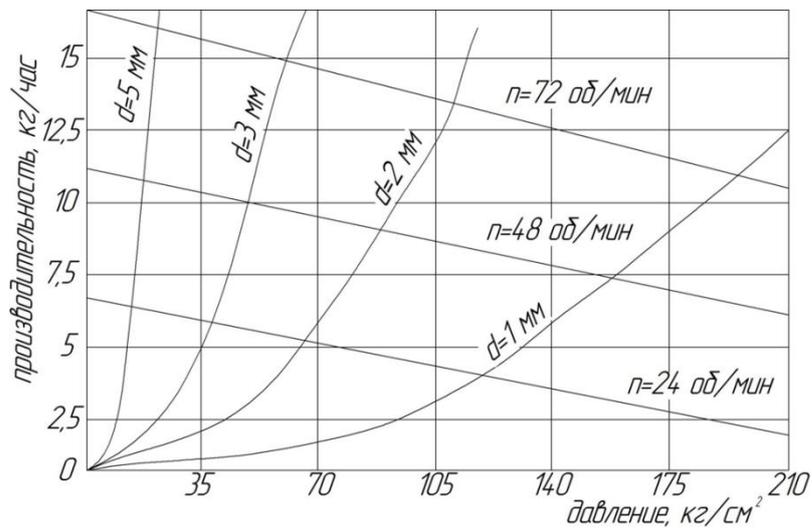


Рис.6. Теоретические кривые производительности при экструзии через круглый канал в зависимости от давления, массы при разных числах оборотов шнека и зазорах головки

Эта диаграмма с достаточной точностью ($\pm 10\%$) показывает технические возможности машины по производительности и по развиваемому давлению. Последние служили основанием механического расчета машины: червяка, цилиндра и головки.

На основании теоретических и экспериментальных результатов нами создана лабораторная червячно-экструзионная установка для получения композиции из расплава полимеров (рис.7).

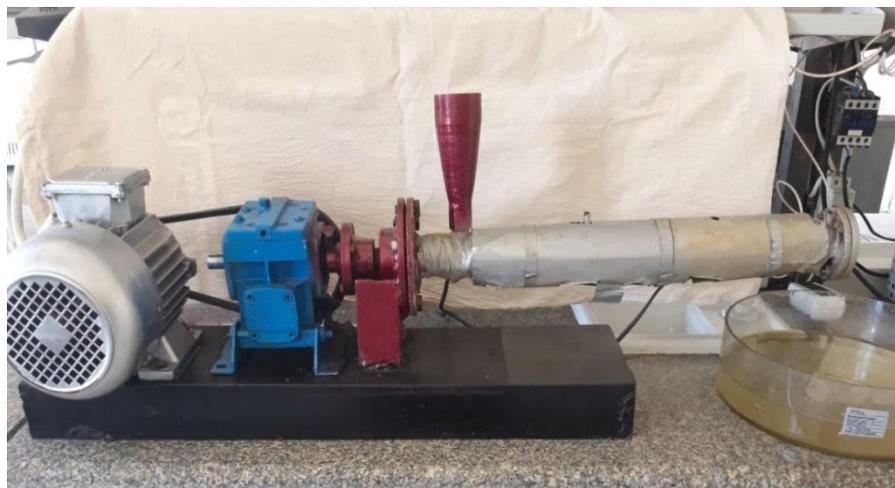


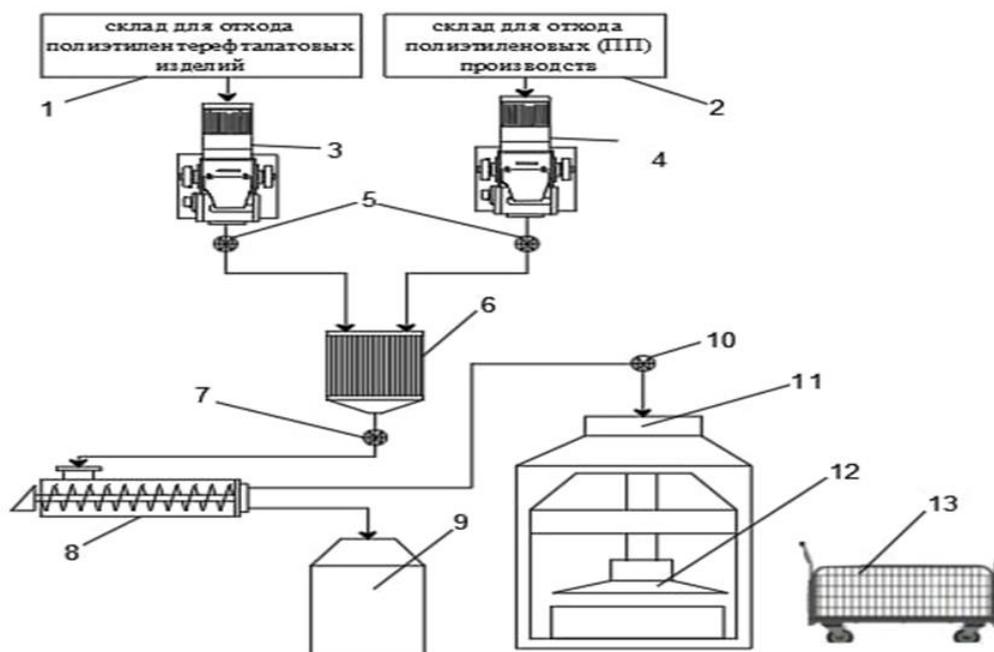
Рис.7. Общий вид червячного экструдера

Нами разработана технологическая линия по получению композиционных полимерных материалов и емкостей для хранения и транспортировки бутилированных напитков, а также деталей (деталей) из них, используемых в машиностроении в виде насыпи.

Технологический процесс производства композиционного полимерного материала осуществляется по непрерывной схеме.

Описание технологической линии по производству тар для хранения и транспортировки контейнеров для напитков, а также деталей, используемых в

машиностроении для производства композитных полимерных материалов и контейнеров:



1- склад для отхода полиэтилентерефталатовых изделий; 2-склад для отхода полиэтиленовых (полипропилен) производств; 3-измельчитель для отхода изделий из ПЭТФ; 4-измельчитель для отхода ПЭ (ПП); 5,7,10 – дозаторы (весовой мерник); 6-смеситель; 8- экструзионный смеситель с обогревом; 9 –упаковочная тара; 11-литьевая машина; 12-пресс-форма; 13-тележка для готовых изделий

Рис.8. Технологическая линия по производству композиционных полимерных материалов из композиций

Из складов 1 и 2 отходы материалов из ПЭТФ и ПЭ (ПП) соответственно поступают в измельчительные машины 3 и 4. В течении определенного времени отходы материалов из ПЭТФ и ПЭ (ПП) измельчаются до их дисперсии. Дисперсии полиэтилентерефталата и полиэтилена (ПП) через дозаторы 4 и 5 в необходимом количестве поступают для предварительного смешивания в смеситель 6. После получения смеси порошкообразной композиции они поступают для получения гомогенной композиции в экструдерный смеситель с обогревом 11. При этом процесс смешения происходит одновременно с нагревом компонентов смеси при температуре 130-150°C. Время смешения компонентов смеси составляет 5-10 мин в зависимости от состава смеси. Во многих случаях при смешении желательно избегать попадания различных частиц и воздуха в смесь, наличие которых приводит к уменьшению прочности композиции. Из экструзионного смесителя 8 полученная смесь композиции в виде таблеток поступает в упаковочную камеру 9, или сразу, через дозатор 10, загружается в бункер литьевой машины 11.

Таким образом, композиционные полимерные изделия изготавливали методом литья под давлением, который обеспечивает стабильность процесса, точность требуемых размеров и высокое качество изделий, не требующих дополнительных механических обработок.

Проведен расчет технико-экономической эффективности от применения серии деталей машиностроительных производств (кольцо уплотнителя, пыльника, уплотнителя, крышек), которая составляет более 64,0 млн. сум, а при производстве пластмассовых тар для хранения и транспортировки фруктов и овощей составляет 1,5 млрд. сум в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан оптимальный состав композиций, полученных на основе отходов полиэтилентерефталата с полиолефинами (полиэтилен, полипропилен).

2. Определено, что с увеличением содержания полиэтилентерефталата в составе полиолефинов показатель текучести расплава снижается, а эффективная вязкость расплава возрастает.

3. Рассчитан методом инкрементов параметр растворимости Гильдебранда (δ). Установлено, что по значению параметра растворимости Гильдебранда- δ полипропилен лучше совмещается с полиэтилентерефталатом, чем полиэтиленом.

4. Определены температуры начала разложения, скорости разложения и количество израсходованной энергии композиций от содержания полиэтилентерефталата. Установлено, что с увеличением содержания полиэтилентерефталата снижается температура начала разложения композиций ПЭТФ:ПЭ и ПЭТФ:ПП.

5. Разработаны научно-методические принципы технология получения композиционных полимерных материалов на основе отходов полимерных производств.

6. Разработана и создана модульная установка для переработки отходов изделий из полимерных материалов из расплава экструзионным способом.

7. Разработан технологический регламент композиционных полимерных материалов и изделий из них, а также даны рекомендации по их реализации.

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

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

TILAVOVA LOLA INATILLOYEVNA

**DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING COMPOSITE
MATERIALS BASED ON POLYETHYLENETEREPHTHALATE
AND POLYOLEFIN WASTES**

**02.00.07 – Chemistry and technology of composite, paint and varnish and rubber materials
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2022

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/T2444.

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

The abstract of the dissertation is issued in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.gupft.uz and on website of «Ziynet» Information and Educational portal www.ziynet.uz.

Research supervisor: **Mukhiddinov Bakhodir Fakhriiddinovich**
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents: **Abed Nodira Soyibjonovna**
doctor of technical sciences, professor

Adilov Ravshan Irkinovich
doctor of technical sciences, dotsent

Leading organization: **Bukhara State University**

Thesis defense will take place on «1» February 2022 at 11⁰⁰ the meeting of Scientific council DSe.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va taraqqiyot» (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73, e-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va taraqqiyot» (is registered under № 31-21). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73

Abstract of dissertation sent out on «19» January 2022 y
(mailing report № 31-21 on «25» November 2021 y.)



S.S. Negmatov
S.S. Negmatov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

M.E. Hramova
M.E. Hramova
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, a.r.a.

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

INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

The aim of the research work is the development of compositions based on polymer waste (polyethylene terephthalate, polyethylene and polypropylene), a systematic study of the structure and the properties of the developed compositions and the making products based on them.

The objects of the research work waste of polyethylene terephthalate, polyethylene, polypropylene was used; PET: PE and PET: PP compositions in various component ratios.

Scientific novelty of the research work is as follows:

devices for grinding polyethylene terephthalate waste have been developed;

developed a laboratory single-screw extruder for obtaining a composition from a melt of polymer waste;

the structures of the developed compositions were investigated by modern physicochemical methods (IR-, X-ray phase analysis, scanning electron microscopy), etc.;

the physicochemical and mechanical properties of the developed compositions have been systematically investigated;

the thermal characteristics of the developed compositions have been investigated;

materials and products were obtained on the basis of the developed compositions and some of their properties were investigated;

recommendations have been developed on the concentration and temperature ranges of mixing secondary polymers in order to create a technology for processing polymer waste to obtain materials and products based on them.

Implementation of the research results.

As a result of scientific research on the development of compositions based on polyethylene terephthalate waste with polyolefin waste and their use in the manufacture of containers for fruits and vegetables, as well as some parts for mechanical engineering, the following results were obtained:

a resource-saving composition has been developed for the production of machine-building parts based on polyethylene terephthalate waste with polyolefin waste (polyethylene, polypropylene). Among the composites obtained, the best properties are shown by the ratio of the compositions PET:PE (sec.), PET:PP (sec.) 30:70. The compositions have been introduced in the State Enterprise «Navoi MMC» (certificate of the SE «NMMC» No.02-06-07/10673 dated November 5,2021). As a result, it is possible to obtain parts with improved operational properties, which are almost 1,2-1,4 times higher than the original compositions;

composite materials with high performance properties and low cost have been introduced at the «Navoi MMC» State Enterprise (certificate of the State Enterprise of the Navoi Mining and Metallurgical Plant No. 02-06-07/10673 dated November 5,2021). As a result, it became possible to obtain containers for the storage and transportation of fruits and vegetables with an economic efficiency of more than 1.5 billion soums/year.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendix. The volume of the thesis is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Тилавова Л.И., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Ҳ.М., Жураев Ш.Т., Турдиева О.Дж. Разработка композиции полиэтилена с отходами полиэтилентерефталата и исследование их некоторых свойств // Кимё ва кимёвий технология, – Ташкент, №3 (65) 2019, – С. 42-47 (02.00.00; №3).

2. Тилавова Л.И., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Ҳ.М., Рузиев Д.У. Разработка установки для переработки отходов пластмасс и получение композиции на их основе // Композиционные материалы, – Ташкент, №3 2020, – С. 205-210 (02.00.00; №4).

3. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Жураев Ш.Т., Исроилов О.И. Исследование термических характеристик композиций на основе отходов полиэтилентерефталата и полиэтилена // Композиционные материалы, – Ташкент, №3 2020, – С. 238-243 (02.00.00; №4).

4. Тилавова Л.И., Мухиддинов Б.Ф. Дериватографическое исследование композиции полиэтилентерефталата с полипропиленом // «Горный Вестник» – Навоий, №1 (84) 2021, – С. 97-100 (05.00.00; №7).

5. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Саъдуллаев Ш.М. Дериватографическое и ИК-спектроскопическое исследование композиций отходов полиэтилентерефталата с полиэтиленом // «Доклады академии наук Республики Узбекистан» – Ташкент, №1 2021, – С. 51-59 (02.00.00; №8).

6. Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Тилавова Л.И. Исследование технологических и термических характеристик композиций полученных на основе отходов полиэтилентерефталата с полиэтиленом // «UNIVERSUM» Технические науки, – 2021, №11 (92) – С. 57-62 (02.00.00; №1).

II бўлим (II часть; II part)

7. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И. Дериватографическое исследование композиции на основе отходов полиэтилентерефталата с полиэтиленом // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и молодых ученых «Современное состояние и перспективы науки о функциональных полимерах» – Тошкент, 9-20 март, 2020, – С. 74-75.

8. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Хусенов Қ.Ш. Разработка композиций полиэтилена с отходами полиэтилентерефталата // Материалы научно-практической конференции «Наука и инновации в современных условиях Узбекистана» – Нукус, 20 май, 2020, –С. 92-93.

9. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Ҳ.М. Исследование некоторых свойств композиций на основе отходов полиэтилентерефталата и полиэтилена // Международная Узбекско-Белорусская научно-практическая конференция «Композиционные и

металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства» – Ташкент, 21-22 мая, 2020, – С. 63-67.

10. Тилавова Л.И., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Х.М., Саъдуллаев Ш.М. Разработка композиции на основе отходов полиэтилентерефталата и полипропилена и исследование их термических свойств // Международная научно-практическая интернет-конференция «development of education, science and business: results 2020» – Днепр, Украина, 3-4 декабря, 2020, – С. 114-115.

11. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Х.М., Фахриддинова Ш.Б. Разработка композиций на основе отходов полиэтилентерефталата и полиэтилена и исследование их некоторых свойств // Республика миқёсидаги илмий-амалий онлайн конференция «Илм-фан ва техниканинг ривожланишида инновацион ёндашувлар» – Навоий, 20 ноябрь, 2020, – С. 10-13.

12. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Фахриддинова Ш.Б. Разработка композиции отходами полиэтилентерефталата с полиэтиленом и исследование их технологических свойств // Материалы узбекский-казахский симпозиум «Современные проблемы науки о полимерах» – Тошкент, 25-26 декабр, 2020, – С. 99-101.

13. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Худойбердиев К.Ф. Исследование термических свойств композиций из отходов полипропилена и полиэтилентерефталата // «Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари – Тошкент, ТКТИ, 10-11 март, 2021, – С. 137-138.

14. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Х.М. Разработка композиций на основе отходов полиэтилентерефталата, полиэтилена, полипропилена и исследование их свойств // Материалы международной научно-технической конференции «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение» – Тошкент, 16-17 сентября, 2021, – С. 24-25.

15. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф., Худойбердиева К.Ф. Композиции на основе отходов полипропилена и полиэтилен-терефталата и исследование их некоторых свойств // «Металлорганик юкори молекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари» халқаро илмий-амалий конференция материаллари – Тошкент, ТТИ ИТИ. 28 май, 2021, – С. 44-46.

16. Тилавова Л.И., Мухиддинов Б.Ф., Худойбердиева К.Ф., Умрзоқов А.Т. Исследование термические характеристики композиций на основе отходов полипропилена и полиэтилентерефталата // «Саноат инженерия-сининг долзарб муаммолари» Республика илмий-амалий анжумани материаллари – Бухоро, 20-22 октябрь, 2021, – С. 315-316.

17. Tilavova L.I., Muxiddinov B.F., Jurayev Sh.T. Development of compositions from waste of polypropylene and polyethylene terephthalate and research of their technological and thermal properties // E3S Web of Conferences 264, 05005 (2021) CONMECHYDRO-2021.

18. Тилавова Л.И., Негматов С.С., Мухиддинов Б.Ф.,Вапоев Х.М., Самадов А.Р. Полиэтиленни суюқланиш температурасига полиэтилен-рефталат миқдорининг таъсирини ҳисоблаш // Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. № DGU12998. 10.11.2021.

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

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 10/22.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.