

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/2025.27.12.T.21.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

SHAMANOV SHAVKAT XOLMUROTOVICH

**BIRLAMCHI VA IKKILAMCHI POLIETILENTEREFTALATDAN
OLINGAN TOLANI BO‘YASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**05.06.02 – To‘qimachilik materiallari texnologiyasi va
xomashyoga dastlabki ishlov berish**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

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

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

Shamanov Shavkat Xolmurotovich

Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalatdan olingan tolani bo‘yash
texnologiyasini ishlab chiqish..... 3

Шаманов Шавкат Холмуротович

Разработка технологии крашения волокна, полученного из первичного и
вторичного полиэтилентерефталата..... 23

Shamanov Shavkat Kholmurotovich

Development of technology for dyeing primary and secondary polyethylene
terephthalate fiber..... 47

E‘lon qilingan ishlar ro‘yhati

Список опубликованных работ

List of published works..... 50

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/2025.27.12.T.21.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

SHAMANOV SHAVKAT XOLMUROTOVICH

BIRLAMCHI VA IKKILAMCHI POLIETILENTEREFTALATDAN
OLINGAN TOLANI BO‘YASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

05.06.02 – To‘qimachilik materiallari texnologiyasi va
xomashyoga dastlabki ishlov berish

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Toshkent – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4709 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutida bajarilgan.

Dissertsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.titli.uz) va «Ziyonet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Xasanova Saodat Xaitovna
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Xanxadjayeva Nilufar Raximovna
texnika fanlari doktori, professor

Ismoilov Ravshan Isroilovich
kimyo fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/2025.27.12.T.21.01 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil 27-avgust soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil:100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani Shohjaxon ko'chasi, 5-uy. Tel.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, faks: (+99871) 253-36-17; e-mail: titlp_info@edu.uz, Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti ma'muriy binosi, 2-qavat, 222-xona).

Dissertatsiya ishi bilan Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 306 raqam bilan ro'yhatga olingan). Manzil: 100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Shohjaxon ko'chasi, 5-uy. Tel.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil 20-iyul kuni tarqatildi.
(2026 yil 20-iyul № 306 raqamli reestr bayonnomasi).



X.H.Kamilova
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

A.Z.Mamatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

Sh.Sh.Xakimov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda yangi va yashil ishlab chiqarish jarayonlarini joriy etilishi sababli poliefir tolasi bozori 2024-yilda 129,8 milliard dollarga baholangan bo'lsa, 2034-yilga kelib, 4,5% yillik o'sish sur'ati bilan 207,4 milliard dollarga yetishi kutilmoqda, 2024 yilda jami poliefir mahsulotlarining 38% i kiyim-kechak sifatida savdoga chiqarilgan. Yevropa Komissiyasining Aylanma Iqtisodiyot Harakatlar Rejasida to'qimachilik sanoatida poliefir tolalarini qayta ishlatish va barqaror dizayn asosida eskirgan materiallar miqdorini kamaytirishga alohida e'tibor qaratilgan, shuningdek, BMTning Barqaror rivojlanish kun tartibining 12-maqsadi sanoat tarmoqlarini chiqindilarni minimallashtirish va qayta ishlash amaliyotlarini qo'llashga undaydi. Bu borada poliefir tolasini to'qimachilik sanoatida aylanma harakatini ta'minlash va uning ikkilamchi tolalaridan samarali foydalanish texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi¹.

Dunyo bo'yicha to'qimachilik sanoatining xom ashyo bazasini kengaytirishda ikkilamchi PET tolalarini qayta ishlash, kimyoviy pardozi berish va ulardan samarali foydalanishni zamonaviy yangi texnika va texnologiyalarini takomillashtirish bo'yicha tizimli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda xususan, birlamchi poliefir tolalar bilan bir qatorda ikkilamchi polietilentereftalatdan olingan tolani bo'yash va ular asosida yangi to'qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Bu borada, poliefir tolalaridan samarali foydalanish, ip va uning asosidagi to'qimachilik materiallarini kimyoviy pardoqlashda ekologik xavfsiz, resurstejamkor texnologiyalarini rivojlantirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda polietilentereftalat chiqindilarini qayta ishlash va ulardan poliefir shtapel tolalari ishlab chiqarishni rivojlantirish bo'yicha ekologik hamda iqtisodiy jihatdan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2023-2030-yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha "O'zbekiston 2030" strategiyasida, jumladan, "iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish, sanoat tarmoqlarida yo'qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish"² bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu yo'nalishda xususan, Respublikada yig'ilgan PET idishlarni qayta ishlash orqali ikkilamchi poliefir tola olish birlamchi poliefir iste'molini kamaytirishga, eksportga mo'ljallangan va import hajmini qisqartirishga qaratilgan to'qimachilik materiallarini yangi assortimentini taklif etish va ularni kimyoviy pardoqlashning resurstejamkor texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 31-maydagi PF-81-son "Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasini transformatsiya qilish va vakolatli davlat organi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, 2023-yil 10-yanvardagi PF-2-son "Paxta-to'qimachilik klasterlari faoliyatini qo'llab-quvvatlash, to'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini tubdan isloh qilish hamda

¹ Рынок полиэфирного волокна - по сорту, по продукту, по применению - мировой прогноз на 2025–2034 гг. Дата публикации: March 2025. <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/polyester-fiber-market>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentyabrdagi PF-158-son "O'zbekiston-2030" strategiyasi to'g'risida Farmoni.

sohaning eksport salohiyatini yanada oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, 2025-yil 16-yanvardagi PF-6-son "To'qimachilik va tikuv trikotaj sanoatida qayta ishlash zanjirini rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora tadbirlar to'g'risida"gi va 2022-yil 29-yanvardagi PF-60-son "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmonlari, shuningdek 2022-yil 24-yanvardagi PQ-99-son "Respublikada ishlab chiqarishni rivojlantirish va sanoat kooperatsiyasini kengaytirishning samarali tizimini yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori, hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqot O'zbekiston Respublikasini ilm va texnologiyalar rivojlantirishning II. "Energetika, energiya va resurs – tejamkorlik" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Jahonda global ekologik inqirozni yuzaga keltirayotgan polietilentereftalat plastiklarni kimyoviy qayta ishlash orqali birlamchi polietilentereftalat sintez qilish bo'yicha xorijiy olimlar Nandi S., Mahish S., Nath D., Ayzenshteyn E.M., Shayers D. va O'zbekistonlik olimlar Alimuxamedov M.G., Odilov R.I., Jo'rayev A.B. va boshqalar, hamda dunyoda plastiklarni qo'llash siklini oshirishda keng qo'llanilayotgan mexanik qayta ishlash yo'li bilan olingan ikkilamchi polietilentereftalatni Jiang Zhaohui, Guo Zengge, Zhang Zhanqi, Qi Yuanzhang, Moral A., Irusta R., Martin J.M., Martinez L. va boshqalar, uni birlamchi polietilentereftalat, tabiiy va kimyoviy tolalar aralashmasidan olingan kalavalarni ishlab chiqarish bo'yicha Telli A., Babaarslan O., Sarioglu E., Nohut S., Yayla O., O'zdil N., Skulanova N.S., Zubkova N.S., Podalnaya T.V., Golaydo S.A. va boshqa olimlar tomonidan samarali ishlar olib borilgan.

Sun'iy va sintetik tolalarni olish, ularni modifikatsiyalash, boshqa tolalar bilan aralashmasidan to'qimachilik tolalarini ishlab chiqish va kimyoviy pardoqlash bo'yicha katta ilmiy maktab shakllangan bo'lib, unda o'z vaqtida B.E. Geller, K.E. Ergashev, E.Z. Zokirov, J.A. Zgibneva, A.L. Xamrayev, M.Z. Abdukarimovlar faoliyat yuritishgan. Hozirgi kunda esa uni rivojlanishiga D.B. Xudoyberdiyeva, I.A. Nabiyeva va A.A. Miratayevlar o'z xissalarini qo'shib kelmoqda. Shu bilan birga ikkilamchi polietilentereftalat tolasini massada quruq usulda bo'yash, birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida yangi to'qimachilik materiallarini, jumladan ip va mato assortimentlarini ishlab chiqish va ularni bo'yash muammolarini hal etish yetarli darajada chuqur o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki muassasasining ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiyada keltirilgan tadqiqotlar PZ-20170928224 "To'qimachilik sanoati uchun poliefir tolalarini olish va ular asosida yangi tuzilishdagi to'qimachilik aralash iplari va gazlamalar ishlab chiqarish yangi texnologiyalarini yaratish" (2018-2020) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalatdan olingan tolani bo'yash texnologiyasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning vazifalari: polietilentereftalat: olinishi, xossalarini boshqarish imkoniyatlari, ishlab chiqarishdagi ekologik muammolar, to'qimachilik sanoatida qayta ishlashning innovasion texnologiyalari bo'yicha chop etilgan ilmiy ishlarning analitik tahlili;

ikkilamchi polietilentereftalatdan tola shakllantirish va bo'yash texnologiyasini ishlab chiqish;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat granulari aralashmasidan tola shakllantirish, bo'yash eritmasining ratsional tarkibi va jarayonning texnologik ko'rsatkichlarini aniqlash;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat tolalari asosidagi to'qimachilik materiallari (ip, mato) ning texnologik xossalarini tadqiq qilish, ipda tolalar, matoda iplar nisbatini asoslash, bo'yash texnologiyasini ishlab chiqish;

ikkilamchi polietilentereftalat tolalarini bo'yash va antistatik xossa berish texnologiyasini takomillashtirish, ishlab chiqilgan va takomillashtirilgan texnologiyalarning texnik iqtisodiy samaradorligini asoslash.

Tadqiqotning ob'ekti - birlamchi, ikkilamchi polietilentereftalat granulari va ular asosida olingan to'qimachilik materiallari (tola, ip, mato).

Tadqiqotning predmeti - birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat granulari aralashmasidan tola shakllantirish, ular asosidagi to'qimachilik materiallarini bo'yash, antistatik xossa berish jarayonlar kinetikasi, materiallarning fizik-mexanik, fizik-kimyoviy va koloristik xossalari tadqiqi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotlar zamonaviy sinovdan o'tkazish vositalarini qo'llagan holda amalga oshirilgan (IQ-spektroskopiya, spektrokolorometriya, sorbsion, rentgenografik tahlil, differensial termik analiz, fizik-mexanik va matematik uslublar).

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

polietilentereftalat tolalarining sorbsion xossalarini tahlili bo'yicha ularni yuqori darajada shakllangan ustmolekulyar qurilmasi intensiv va mustahkam ranglar hosil bo'lishini ta'minlashi aniqlangan;

bo'yalgan polietilentereftalat tolalar kristallanish darajasi va kristallit o'lchamini oshishi tola kristallik yacheykasiga bo'yovchi modda zarrachalarini o'rnatish bilan bog'liqligi IQ-spektroskopiya, rentgenostruktura va differensial termik tahlillar asosida aniqlangan;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat tolalari asosidagi to'qimachilik materiallari (tola, ip, mato) ning koloristik xossalarini iplar nisbatiga bog'liqligi hamda antistatik pardozi berishda triamonning tola funktsional guruhlari bilan bog'lanishi solishtirma yuzaviy elektrlanish qarshilikning kamaytirishi aniqlangan;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat tolalari asosidagi to'qimachilik materiallari (tola, ip, mato)ning fizik-mexanik xossalari, rang sifat ko'rsatkichlarini tahlili asosida kompozitsion kalava va trikotaj glad to'qimasini bo'yashning resurstejamkor texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan tolani dispers bo'yovchi modda bilan bo'yash tarkibi va texnologiyasi taklif etildi;

ikkilamchi va birlamchi polietilentereftalat asosida olingan 70:30 kompozitsion tolani eritmada dispers bo'yovchi modda bilan tolani shishalanish haroratiga yaqin harorat va an'anaviy davomiylikni 2 marta kamaytirilgan sharoitda bo'yash texnologiyasi ishlab chiqilgan. BPET:IPET 70:30 nisbatli kompozitsion tola aktiv markazlar (–COOC- guruh) ga bo'yovchi moddaning (-OH, -NH₂, -NHR) qutbli guruhlarini molekulalararo vodorod va gidrofob bog'lanishlar orqali bog'lanishi tola kristallanish darajasini 5,94 baravar oshishi orqali tasdiqlangan;

polietilentereftalat granulalari asosida olingan tolalarni kimyoviy pardoqlash – bo'yash va ularga antistatik xossa berish jarayonlarini birlashtirilgan ikki eritmali texnologiyasi ishlab chiqilgan;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat tolalari asosidagi to'qimachilik materiallari (kalava, mato) ni dispers bo'yovchi moddalar bilan uzlukli usulda bo'yash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

PET tolalarni bo'yash tarkibi va tartibini takomillashtirish natijasida bo'yash materiallari sarfini kamaytirish, texnologik jarayon hamda ish davomiyligini qisqartirish hisobiga 100 kg tayyor tolani bo'yashda olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik 343176 so'mni yoki 1 tonna tayyor mahsulotni bo'yashdan esa 3431760 so'mni tashkil etadi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. PET asosida olingan tolalarini xossalari zamonaviy fizik-kimyoviy va optik uslublar asosida tahlil qilinganligi, shuningdek nazariy va tajribaviy tadqiqotlarning mosligi, aprobat siya va qo'llash natijalarining ijobiyligi, natijalarni solishtirish, baholash mezonlariga ko'ra adekvatligi, o'tkazilgan tadqiqotlarning ijobiy natijalari va ularning ko'rib chiqilgan fan sohasidagi ma'lumotlar bilan qiyosiy tahlili bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati fizik-kimyoviy tahlillar bo'yicha ikkilamchi polietilentereftalat asosida kompozitsion tola shakllantirishga asos qilinganligi, tolalarining morfologiyasi va ust qurilmasi bilan ularning koloristik xossalari orasida bog'liqlik o'rnatilganligi bilan izohlanadi

Dissertasiyaning amaliy ahamiyati birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalatdan shakllantirilgan to'qimachilik materiallarini bo'yash texnologiyasini ishlab chiqishda, chiqindilardan samarali foydalanish orqali ekologik muammolarni hal etilganligi, respublikaning import hajmini kamaytirishga va to'qimachilik sanoatini yangi assortimentdagi tola bilan ta'minlash imkoni yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalatdan olingan tolani bo'yash va unga antistatik pardoqlash berish texnologiyalari bo'yicha olingan natijalar asosida:

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat granulalaridan olingan tolalarini bo'yash texnologiyasi "TASHTIB-TEX" MCHJ korxonasining laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazildi. ("O'zto'qimachilik sanoat" uyushmasining 8-oktabr 2024-yil №03/25-2674 sonli ma'lumotnomasi). Natijada yangi shakllantirilgan kompozitsion tolalarni massada masterbatch bilan va eritmada dispers bo'yovchi modda ishtirokida tolani shishalanish haroratiga yaqin haroratda va an'anaviy davomiylikni ikki marta

kamaytirilgan sharoitda bo'yash jarayonida yuqori rang intensivligiga ega bo'lgan tolalar olishga erishildi;

birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat granulalaridan olingan tolalarini bo'yash va ularga antistatik pardozi berish texnologiyasi "Kompaniya UNITEX" MCHJ korxonasining kimyoviy laboratoriyasida sinovdan o'tkazildi. ("O'zto'qimachilik sanoati" uyushmasining 8-oktabr 2024-yil №03/25-2674 sonli ma'lumotnomasi). Natijada yangi shakllantirilgan kompozitsion tolaning yuzaviy solishtirma elektr qarshiligini $2,8 \cdot 10^{10}$ Om dan $2,6 \cdot 10^6$ Om ga pasaytirishga erishildi.

Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi. Izlanish natijalari 12 ta xalqaro va 8 ta Respublika ilmiy-texnik anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 29 ta ilmiy ish chop etilgan va 1 ta foydali model patenti olingan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta maqola, jumladan 6 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, 3 ta bob, xulosa, 119 nomdagi foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi kompyuterda terilgan 105 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqot ishining respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchlilik asoslangan, ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Polietilentereftalat: olinishi, xossalari boshqarish, ishlab chiqarishdagi muammolar va ularning yechimlari"** deb nomlangan birinchi bobida polietilentereftalat granulalaridan tola olish imkoniyatlari, polietilentereftalat tola olishning o'ziga xos xususiyatlari, poliefir tolalarini turli usullarda bo'yash va sintetik tolalarga antistatik xossa berish texnologiyalariga oid xorijiy va mahalliy adabiy manbaalarning tanqidiy tahlili keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan tolalarni kimyoviy pardozi berish tadqiqot ob'ektlari va usullari"** nomli ikkinchi bobida tadqiqot ob'ektining tasnifi, tajriba usullari, laboratoriya ekstruderida PET tolalar shakllantirish, massada va eritmada bo'yash usullari, bo'yash va antistatik pardozi berishning birlashtirilgan usuli, tola olish, bo'yash va antistatik pardozi berish jarayonlarining tartib va tarkiblari, ikki vannali usulda antistatik pardozi berish, tajriba natijalarini tahlil qilish usullari keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosidagi to'qimachilik materiallari (tola, ip, mato) ning bo'yash texnologiyasini ishlab chiqish"** deb nomlangan uchinchi bobida PET granulalari asosida olingan tolalarni bo'yash va antistatik pardozi berish, BPET:IPET asosidagi kompozitsion tola, ip va trikotaj matolarni bo'yash texnologiyasini ishlab chiqish, jarayonni o'rganishdagi

to'liq omilli eksperimentni rejalashtirish asosida matematik modellash va polietilentereftalat tolalarini bo'yashdan olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik hisob-kitoblari keltirilgan.

Izlanishlarning **birinchi bosqichi** tadqiqot ob'ektlari: birlamchi (BPET), ikkilamchi (IPET) granulari va plastik – qadoq idishi (BIPET)ning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarini aniqlashga bag'ishlandi. GOST bo'yicha tola olishga yaroqli polietilentereftalatning suyulish harorati 255-260°C, molekulyar massasi 20000-30000, namligi 0,03% va zolligi 0,06% atrofida bo'lishi ko'rsatilgan. Tadqiq qilinayotgan PET namunalarining molekulyar massasi fenol va tetraxloreten erituvchilarni 1/3 nisbatda olingan aralashmasida tayyorlangan eritmasining solishtirma va xarakteristik qovushqoqliklari asosida hisoblandi (1-jadval).

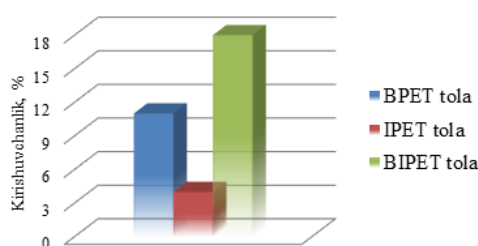
1-jadval

PET granularining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari

PET granulari	Ko'rsatkichlar			
	Solishtirma qovushqoqlik	Molekulyar massa	Namligi, %	Zolligi, %
BPET	0,84	22968	0,03	0,03
IPET	0,72	19545	0,04	0,28
BIPET	0,51	12963	0,03	0,05
GOST	0,85	20000-30000	0,03	0,06

Tajriba natijalari birlamchi va ikkilamchi PET tolasi solishtirma qovushqoqligi va molekulyar massasi ularni tola shakllantirishga yaroqli ekanligini, BIPET esa bu asosiy parametrlar bo'yicha talabga javob bermasligini ko'rsatdi. Barcha PET turlarida namlik miqdori IPET dan tashqari talab doirasida, zollik qiymati belgilangan me'yordan oshmaganligi aniqlandi.

Izlanishlarning navbatdagi bosqichi tadqiqot ob'ektlaridan laboratoriya olish qurilmasida tolalar shakllantirishga bag'ishlandi. Olingan tolalarning kirishish darajasi 1-rasmda keltirilgan.

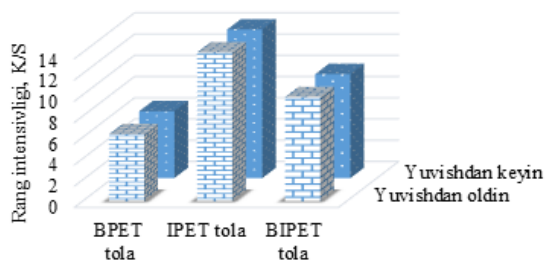


1-rasm. PET tolalarini kirishish darajasi

Rasmdan eng yuqori kirishish darajasi BIPET tolasida kuzatildi. Bu bir necha marta yuqori haroratda qayta ishlangan BIPET strukturasida boshqa PET namunalariga nisbatan makromolekulalararo bo'shliqlar, kanallar va g'ovaklar rivojlanganligini ko'rsatadi.

Tadqiqotlarning **ikkinchi bosqichida** BPET, IPET va ular aralashmalaridan olingan tolalarni "Massa" va "Eritma" usulida bo'yash jarayoni o'rganildi.

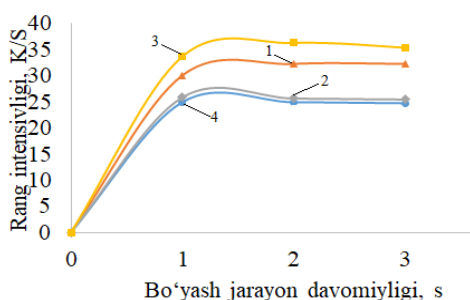
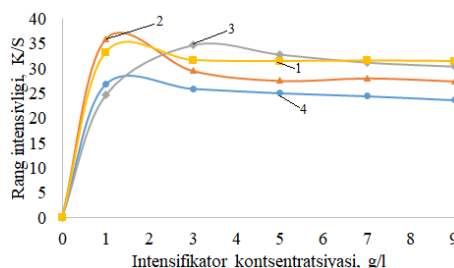
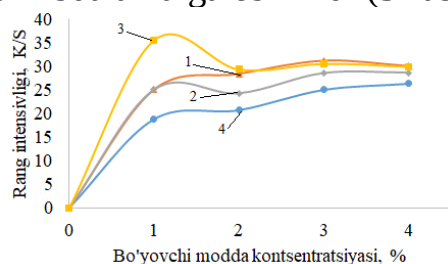
Dispers bo'yovchi modda, dispergator va parafin asosidagi aralashmani PET suyultmasiga qo'shish yordamida bo'yalgan tolalar shakllantirildi. Tolalarda hosil bo'lgan rangning intensivligi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. PET tolalari rang intensivlik ko'rsatkichi

Rang intensivligi "massa" usulida bo'yalgan ikkilamchi IPET va BIPET tolalarida BPET ga nisbatan yuqori bo'lishi qayta ishlash vaqtida ustmolekulyar qurilmada sodir bo'lgan o'zgarishlar bilan bog'liq. Bo'yalgan PET tolalar rang intensivligini SAM eritmasining 2 g/l eritmasida 30 daqiqa qaynatilgan hamda yuvilgandan so'ng pasaymasligi mustahkam ranglar hosil bo'lganini tasdiqlaydi.

BPET, IPET va BIPET tolalarni "eritma" da bo'yash jarayoni tarkibida dispers bo'yovchi modda, intensifikator, sirt aktiv modda, pH muhit regulyatori bo'lgan tarkibda amalga oshirildi (3-rasm).



3-rasm. BPET, IPET va BIPET tolalarni "eritma" da bo'yash jarayoni kinetikasi.

1–BPET tola; 2– IPET tola; 3– BIPET tola; 4– lavsan tola

Tartiblangan strukturali, kristallanish darajasi yuqori bo'lgan BPET tolaga nisbatan amorf qismi rivojlangan, g'ovakdor strukturaga ega BIPET tolada rang intensivligini yuqori bo'lishi, kuchli gidrotermik ta'sirlar (3 soat davomida) natijasida oligomerlarni tola ichki sohalaridan tashqariga migratsiyasi amorf sohaning bo'shagan hajmiga bo'yovchi modda molekulalarini oson diffuziyalanishiga va tolada kapsulyatsiyalangan bo'yovchi modda miqdorini oshishiga sabab bo'ladi (3,a-rasm).

PET tolalar rangini sovunli suvga mustahkamligi natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

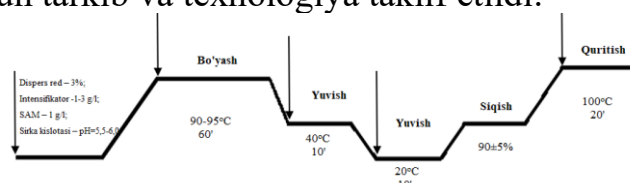
Bo'yalgan PET tolalari rangining sovunli suvga mustahkamligi

Tola turi	Bo'yovchi modda konsentratsiyasi, %			
	1	2	3	4
BPET	5/5/5	5/5/5	5/4/5	5/4/5
IPET	5/5/5	5/5/5	5/4/5	5/4/5
BIPET	5/5/5	5/4/5	5/5/5	5/5/5
Lavsan tolasi	5/5/5	5/5/5	5/5/5	5/5/5

Tolalarda hosil qilingan yuqori rang mustahkamligini bo'yovchi modda molekularini tolaga kapsulyatsiyasi, ya'ni yuqori harorat ta'sirida hosil bo'ladigan fluktatsion hajmlarga diffuziyasi va sorblanishi natijasi deb qarash mumkin.

Intensifikator konsentratsiyasi 1 g/l olinganda BPET tolada rang intensivligi $K/S=36$, BIPIET tolada $K/S=33$, lavsanda $K/S=26$, IPET tolada esa yuqori rang intensivligi tashuvchini 3 g/l konsentratsiyasida ($K/S=35$) erishilganini ko'rish mumkin (3,b-rasm). Bu intensifikator miqdori oshirilganda va qaynash harorati ta'sirida tola strukturasida erkin hajmlarni ko'p va tez hosil bo'lishi ortidan tolaga diffuziyalanadigan bo'yovchi modda ulushini ortishini ko'rsatadi. Biroq, tashuvchi konsentratsiyasi 5 g/l olinganda barcha tolalarda rang intensivligini keskin kamayishi qaynash haroratida bo'yovchi moddani sorbsiyasi bilan bir vaqtda desorbsiya jarayoni kuchayganidan darak beradi. Bo'yash jarayoni davomiyligini tola rang intensivligiga ta'siri o'rganilganda, bo'yashning dastlabki 60 daqiqasida barcha tadqiqot namunalarida rang intensivligini oshishi kuzatildi. IPET va lavsan tolalariga taaluqli egri chiziqlar o'xshashligi ularni zich va yuqori kristalli strukturasiga bilan bog'liq bo'lib, bo'yovchi moddani kirishi uchun amorf sohalar imkoniyatini chegaralaydi, bundan tashqari IPET tolada qayta ishlashdan so'ng termooksidlanish destruktiviyasi mahsulotlari, qoldiq stabilizatorlar va past molekulyar fraksiyalar saqlashi bo'shliqlarni qisman to'lib qolishga va zanjirlarni harakatchanligini pasayishga olib keladi. BPET tola ancha yuqori rang intensivligi uni bir jinsli ustmolekulyar qurilmasi, amorf va kristall sohalarini optimal nisbati, nuqson va iflosliklarni kamligi bilan bog'liq bo'lib, bo'yovchi moddani diffuziyalanishini ta'minlaydi. BIPIET tolada maksimal K/S qiymati rivojlangan amorf faza, yuqori g'ovakdorlik va strukturadagi mikronuqsonlarni ko'pligi bilan tushuntiriladi.

Bo'yash jarayonini 3 soat davom etishi tolalar rang intensivligiga deyarli ta'sir ko'rsatmasligi aniqlandi, bunda agressiv sharoit (harorat, vaqt) PET tolalarni dag'allanishiga, BIPIET tola esa sinishiga olib kelgani sababli ratsional bo'yash davomiyligi sifatida 1 soat tanlandi. Tadqiqotlar natijasi sifatida BPET va IPET tolalarni bo'yash uchun tarkib va texnologiya taklif etildi:

**4-rasm. BPET va IPET tolalarni bo'yash jarayonining texnologik rejimi**

Tadqiqotning uchinchi bosqichida BPET va IPET granularining turli nisbatdagi aralashmalaridan shakllantirilgan tolalarni massada va eritmada bo'yash

jarayoni o'rganildi. Bo'yalgan tolalarning koloristik ko'rsatkichlari 3 va 4-jadvalda keltirilgan. Massada bo'yash PET suyultmasiga masterbatch superkonsentratlari kiritish, eritmada bo'yash esa dispers bo'yovchi moddaning suvli eritmasida amalga oshirildi. Fizikaviy modifikatsiya yo'li bilan olingan PET tolalar rang xarakteristikalari tahlil qilindi (3-jadval).

3-jadval

PET tolalari turini tola rang ko'rsatkichlariga ta'siri

Tola nomi	Rang yorqinligi, L*	Rang ravshanlik, B, kd/m ²	Rang koordinatasi		Rang tusi, h ⁰
			a*	b*	
BPET 100%	38,80	7198,82	48,23	21,50	24,08
IPET 100%	35,41	5948,93	48,36	19,72	21,28
BPET:IPET 30:70	35,55	5996,74	48,79	20,48	23,03
BPET:IPET 50:50	34,78	5730	48,42	23,96	23,10
BPET:IPET 70:30	34,26	5527,9	48,21	24,05	23,51

Bo'yalgan tolalar rang ko'rsatkichlarini tahlili kompozitsion toladagi BPET miqdorini oshishi rang yorqinligini pasayishi, a* o'qi bo'ylab rangni "qizil-yashil" yo'nalishida sezilarli o'zgarishini, b* o'q bo'ylab esa rangni "sariq-ko'k" yo'nalishida sariqqa tomon surilganini ko'rsatdi. 70:30 kompozitsion PET tola rang tusi BPET tola rang tusidan 0,57° farq qilishi kuzatildi.

Oldingi bosqichda tavsiya etilgan tarkib va texnologiya bo'yicha eritma usulida bo'yalgan BPET, IPET va 70:30, 50:50, 30:70 kompozitsion tolalar rang ko'rsatkichlari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

PET tolalari turini tola rang ko'rsatkichlariga ta'siri

Tola nomi	Rang yorqinligi, L*	Rang ravshanlik, B, kd/m ²	Rang koordinatasi		Rang tusi, h ⁰
			a*	b*	
BPET 100%	27,35	3565,26	46,70	27,21	30,22
IPET 100%	24,31	2868,6	42,03	21,90	26,87
BPET:IPET 30:70	26,71	3409,07	44,14	23,38	28,11
BPET:IPET 50:50	26,68	3401,89	43,45	23,21	27,92
BPET:IPET 70:30	25,05	3026,82	42,33	21,87	27,27

Dispers bo'yovchi modda bilan eritmada bo'yalgan PET tolalari rang ko'rsatkichlarini tahlili birlamchi PET miqdorini oshishi masterbatch bilan massada bo'yalgani singari rang yorqinligini pasayishiga, rangni a* o'q bo'ylab "qizil-yashil" yo'nalishida (~4,3) o'zgarishini, b* o'q bo'ylab esa "sariq-ko'k" yo'nalishida (~5,3) o'zgarishini ko'rsatdi. 70:30 nisbatli kompozitsion PET tolaning rang tusi BPET tolasiga rang tusidan ~2,9° ga farq qilishi aniqlandi.

Kompozitsion tolada rang ravshanligini har ikki usul bo'yicha bo'yashda ham BPET tolaga nisbatan pastligi, BPETni maksimal toza, tiniq va yuqori yaltiroqlik xususiyatiga egaligi, IPETda esa turli qo'shimchalar hamda nuqsonlar tufayli

yorug'likni yoyilishi va yutilishini sodir bo'lishi bilan tushuntirish mumkin. Yuqori rang intensivligi BPET va 70:30 kompozitsion tolada kuzatildi.

Eritma va massa usullarida bo'yalgan BPET va IPET tolalarini fizik-mexanik ko'rsatkichlari 6-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

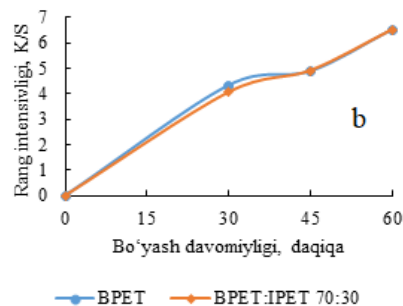
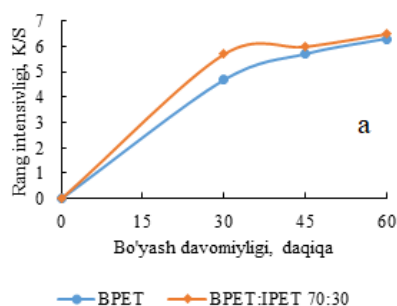
Turli usullarda bo'yalgan PET tolalarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari

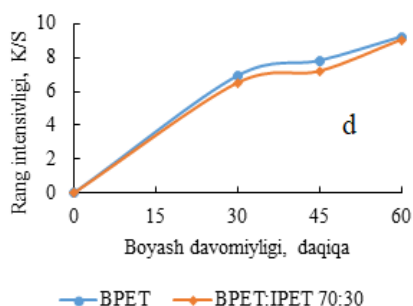
Ko'rsatkichlar	Bo'yash usullari			
	Massa		Eritma	
	BPET	IPET	BPET	IPET
Uzilishga mustahkamlik, cN/dtex	19,57	19,12	24,59	13,08
Uzilishdagi nisbiy cho'zilish, %	2,24	3,11	4,28	6,08
Egiluvchanlik moduli, cN/dtex	661,67	634,69	592,31	286,29

Turli usullarda bo'yalgan BPET va IPET tolalarni fizik-mexanik ko'rsatkichlarini tahlili dispers bo'yovchi modda bilan eritmada bo'yalgan IPET tolani BPET tolaga nisbatan uzilishdagi mustahkamligi 46,8%, egiluvchanlik moduli 51,7% ga pastligi, uzilishdagi cho'zilishi 30,2% ga yuqoriligi, massada masterbatch bilan bo'yalgan IPET tolani esa BPET tolaga nisbatan uzilishdagi mustahkamligi 2,3%, egiluvchanlik moduli 4,1% ga pastligi va uzilishdagi cho'zilishini esa 28% ga yuqoriligini ko'rsatdi. Eritma usulida bo'yalgan IPET tola mexanik mustahkamligini massa usulidagiga nisbatan pastligini uning ustmolekulyar qurilmasida amorf sohani ustunlik qilishi ($S_{sol.}=16 \text{ m}^2/\text{g}$), hamda qo'shimcha ravishda bo'yash jarayonida intensivlikni tola strukturasi bo'shashgan holatga o'tkazishi, sorbsion hajmni oshirishi natijasida molekulalararo vodorod va gidrofob bog'lanishlarni uzilishi bilan izohlash mumkin.

Gidrofob tolalarni bo'yash uchun maxsus sharoitlar (yuqori harorat) talab qilinsa-da, tadqiqotlarda 70-75°C haroratda 30 daqiqa ichida BPET va BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolalarini bo'yalishi kuzatildi (5-rasm).

Grafiklarda BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolani past haroratda BPET tolaga nisbatan bo'yashning dastlabki vaqtidayoq bo'yovchi modda molekulalarini diffuziyalanishi va kapsulyatsiyalanishi bo'yicha ustunlik qilish aniqlandi. Buni ushbu tolalarning ust molekular qurilmasida kristall sohaga nisbatan amorf sohalarni kuchli rivojlangani bilan tushuntirish mumkin. BPET va BPET:IPET tolalarining rang intensivligi mos ravishda 4,67 va 5,7 ni tashkil etadi.





5-rasm. Bo'yash harorati va bo'yash davomiyligining PET tolalar rang intensivligiga ta'siri:

a) 70-75°C; b) 80-85°C; d) 90-95°C

Bo'yash jarayoni 80-85°C haroratda (45 daqiqa) olib borilganda BPET va BPET:IPET tolalarida rang intensivliklarini (K/S) bir xil qiymatga erishish holati kuzatildi. Bu har ikki tolada hosil bo'ladigan erkin hajmlarga bir xilda bo'yovchi modda molekulalarini kapsulyatsiyasi borganini bildiradi. Bo'yash davomiyligini keyingi uzaytirilishi tolalarda bir xilda rang intensivligi saqlanishini ko'rsatdi.

Bo'yash jarayonini 90-95°C haroratda olib borilganda rang intensivligi bo'yicha ustunlik BPET tolasida kuzatildi. Jarayonning 30 va 45 daqiqalarida tolada kapsulyatsiya bo'lgan bo'yovchi modda zarrachalari miqdorini oshishi BPET tolada amorf soha ulushini oshayotganidan dalolat beradi. Bo'yalgan BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola rangini sovunli ishlovga mustahkamligi tekshirildi (7-jadval).

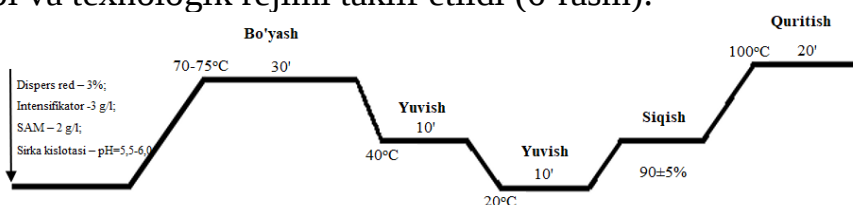
6-jadval

Bo'yash harorati va davomiyligining tola rang mustahkamligiga ta'siri

Bo'yash davomiyligi, daqiqa	Rang mustahkamligi, ball		
	70-75°C	80-85°C	90-95°C
30	4/4/4	4/5/4	4/5/4
45	4/4/5	4/4/3	4/4/4
60	5/4/5	5/5/4	5/4/5

Jadvaldan bo'yash harorati va davomiyligini uzaytirilishi bilan bo'yovchi moddaning sovunli suvga mustahkamligini oshgani kuzatildi.

Olingan natijalar asosida BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolni bo'yash eritmasi tarkibi va texnologik rejimi taklif etildi (6-rasm):



6-rasm. BPET:IPET 70:30 nisbatli kompozitsion tolalari bo'yash jarayonining texnologik rejimi

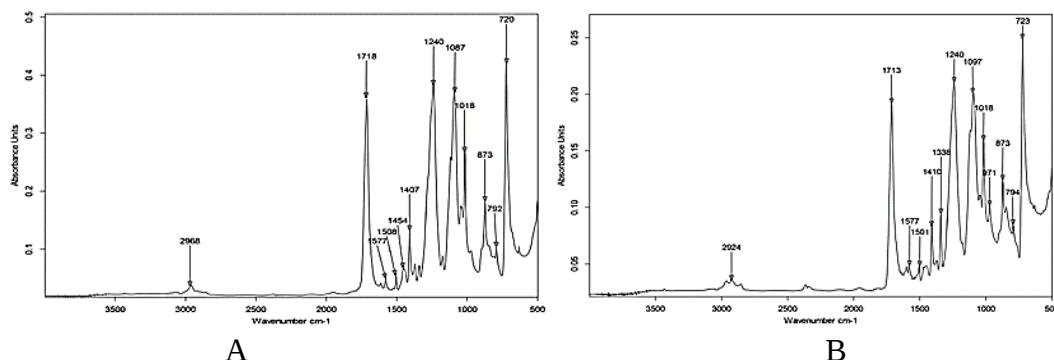
BPET va 70:30 kompozitsion tolalarda bo'yashning past harorat va qisqa davomiyligida kuzatilgan yuqori rang intensivligi va rang mustahkamligi ko'rsatkichlari ularning sorbsion xossalari (solishtirma yuza, to'yinish hajmi, g'ovaklar radiusi) bilan bevosita bog'liq. BPET, IPET va 70:30 kompozitsion tolalar sorbsion xossalari tahlili IPET tola solishtirma yuzasi bo'yicha BPET toladan 41,7%, 70:30 kompozitsion toladan 66,4% ga, to'yinish hajmi bo'yicha BPET toladan 56%, 70:30 kompozitsion toladan 45,7% ga kattaligi, g'ovaklarini radiusi bo'yicha esa

BPET ga nisbatan 74,4%, 70:30 kompozitsion tolaga nisbatan 81,8% ga kichikligini ko'rsatdi (8-jadval).

7-jadval

PET granularlar va ular asosida olingan tolalar sorbsion xossalari

Adsorbentlar	Monoqavat sig'imi, α_m , mol/kg	Solishtirma yuzasi, S, m ² /g	To'yinish hajmi $V_s \cdot 10^3$, m ³ /kg	G'ovak radiusi, Å/nm
BPET tola	0.152	9.89	0.016236	32.8/3.28
IPET tola	0.261	16.94	0.007146	8.4/0.84
BPET:IPET 70:30	0.088	5.70	0.01314	46.1/4.61



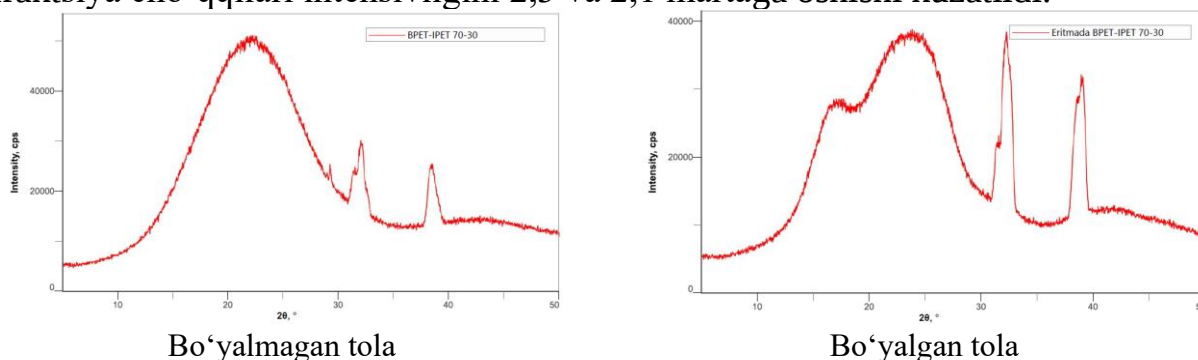
7-rasm. BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolaning IQ-spektri

A – BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola; B – Dispers bo'yovchi modda bilan bo'yalgan BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola.

Bo'yalgan BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola IQ-spektrida qayd etilgan yangi tebranish polosalari: 1338 sm⁻¹ da CH₂ hilpiragichli, 971 sm⁻¹ da C-O efir guruhining valent, hamda bo'yalmagan tola IQ-spektrining 1087 sm⁻¹ da kuzatilgan intensiv C-OH valent tebranishni xarakterlovchi yutilish polosasini 10 sm⁻¹ ga (1097 sm⁻¹) siljishi bo'yovchi moddani tolaga kapsulyatsiyasi, shuningdek tola va bo'yovchi modda o'rtasida vodorod va gidrofob bog'lanishlar sodir bo'lishini tasdiqlaydi.

BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola difraktogrammasida $2\theta=29,22^\circ$ burchakda past intensivlikdagi qaytarish cho'qqisi, $2\theta=32^\circ$ va $2\theta=38^\circ$ da esa ko'p jihatdan BPET tolaga xos cho'qqilar qayd etildi. Ushbi tolni $2\theta=29,22^\circ$ burchakda aniqlangan kristallit o'lchami 482 Å tashkil etdi (8-rasm).

Bo'yalgan BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola difraktogrammasida $2\theta=16,5^\circ$ va $2\theta=24,5^\circ$ graduslarda bo'yalmagan tolada qayd etilgan, amorf sohani xarakterlovchi "gallo" intensivligini pasayishi, shuningdek $2\theta=32^\circ$ va $2\theta=39^\circ$ graduslarda kuzatilgan difraktsiya cho'qqilari intensivligini 2,3 va 2,1 martaga oshishi kuzatildi.



Bo'yalmagan tola

Bo'yalgan tola

8-rasm. 70:30 kompozitsion tola difraktogrammasi

Dastlabki va bo'yalgan PET tolalar kristallanish darajasi 9-jadvalda keltirilgan.

8-jadval

PET tolalari kristallanish darajasi

Tola turi	Kristallanish darajasi, %		
	BPET	IPET	BPET:IPET 70:30
Bo'yalmagan	4,7	4,27	3,94
Bo'yalgan	26,7	27,7	21,4

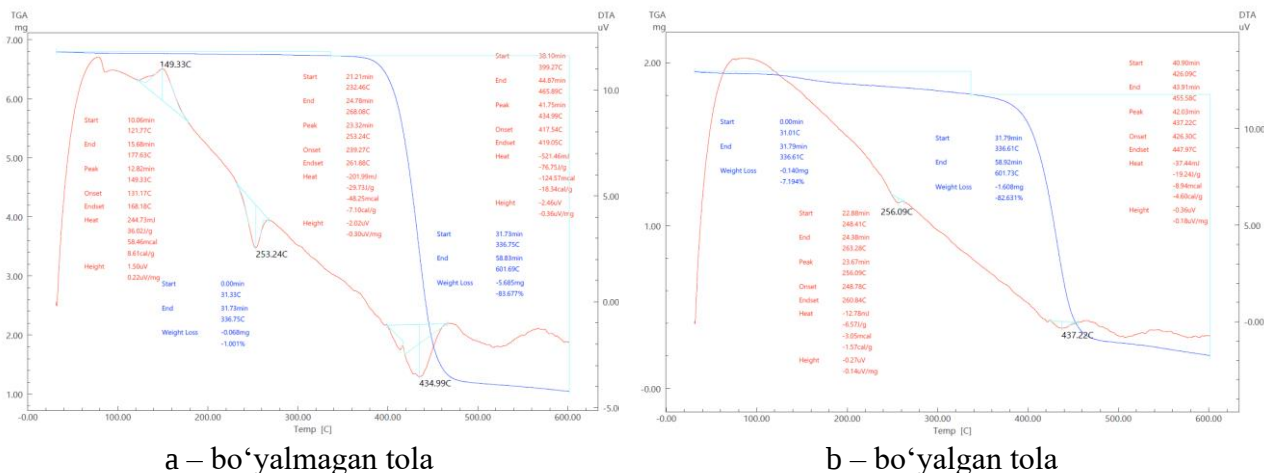
Yuqorida keltirilgan jadvaldan, barcha PET tolalarida kristallanish darajasi dastlabkiga nisbatan 5,7, 6,5 va 5,4 marta oshganini ko'rish mumkin. BPET:IPET 70:30 kompozitsion tola kristallanish darajasini BPET va IPET tolalarga nisbatan 14,8% va 22,7% ga pastligi bo'yashdan so'ng uning sorbsion xossalari (solishtirma yuzasi, monoqavat sig'imi) ni oshgani bilan izohlash mumkin. Tolada qolgan bo'yovchi modda miqdori bo'yicha ustunlik IPET tolasida kuzatildi: bo'yovchi modda kontsentratsiyasi eritmada 1% olinganda IPET tolada qoldiq bo'yovchi modda BPET ga nisbatan 3,5%, kompozitsion tolaga nisbatan 1,14% ga yuqori bo'lgan bo'lsa, bo'yovchi modda kontsentratsiyasi eritmada 2% bo'lganda, 1% va 0,6%, 3% bo'lganda esa 1,6% va 1,96% ga kamligi kuzatildi. IPET tolasining yuqori sorbsion xossasini uning solishtirma yuzasini boshqa PET tolalariga nisbatan yuqoriligi, jumladan BPET tolaga nisbatan 1,7 barobar, BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolaga nisbatan 2,97 barobar kattaligi bilan izohlash mumkin (10-jadval).

9-jadval

Bo'yovchi modda kontsentratsiyasini tolada qolgan bo'yovchi modda miqdoriga ta'siri

Bo'yovchi modda kontsentratsiyasi, %	Tolaga qolgan bo'yovchi modda miqdori, g/kg		
	BPET	BPET:IPET 70:30	IPET
1	9,42	9,64	9,75
2	19,14	19,22	19,34
3	28,58	28,68	29,14
4	37,67	38,4	38,92

Bo'yalgan va bo'yalmagan BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolaning termik xossalari tahlil qilindi (9-rasm).

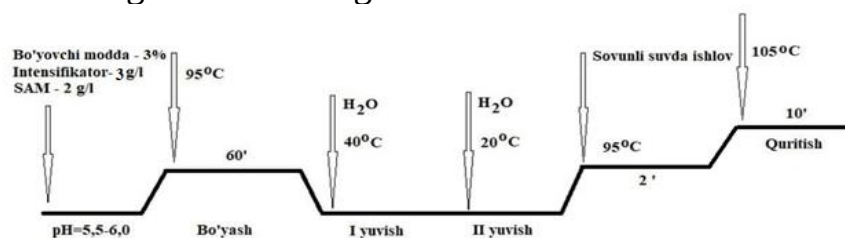


9-rasm. BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolalar TGA va DTA egri chiziqlari

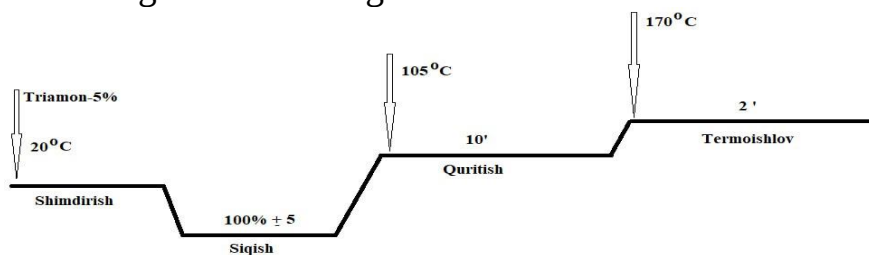
Dispers bo'yovchi modda bilan bo'yalgan 70:30 kompozitsion tolani bo'yalmagan tolaga nisbatan (2-3°C) termik barqarorligi uni kristall panjarasiga bo'yovchi modda molekulalarini o'rnamishishi natijasida kristallanish darajasini oshgani bilan tasdiqlanadi.

Izlanishlarda PET tolalariga antistatik pardozi berish jarayoni bir va ikki vannali usulda amalga oshirildi. Ikki vannali usulda triamon konsentratsiyasi 5% olinganda, BPET tola solishtirma yuzaviy elektrlanish qarshiligini $2,8 \cdot 10^{10}$ Om dan $2,6 \cdot 10^6$ Om ga kamaytirishga erishildi. Ikki vannali usulda BPET tolani bo'yash va antistatik pardozi berish tarkibi va texnologiyasi taklif etildi (10-rasm).

1-vanna texnologik ketma-ketligi:



2-vanna texnologik ketma-ketligi:



10-rasm. Ikki vannali usulda BPET tolani bo'yash va antistatik pardozi berish texnologik ketma-ketligi

Dissertatsiyaning 3.7 - bo'limida BPET va IPET 70:30 shtapel tolalar aralashmasidan yigirilgan kalava va to'qilgan glad trikotaj matolarini bo'yash jarayoni o'rganildi. 70:30 kompozitsion kalava fizik-mexanik ko'rsatkichlari 10-jadvalda keltirilgan. Kalavalar fizik-mexanik ko'rsatkichlarini tahlili, laboratoriya sharoitida yigirilgan kompozitsion kalavani korxonada ishlab chiqarilgan BPET kalavadan chiziqli zichligini 41% ga, uzilish kuchini 9,6% ga kattaligi, uzilishdagi cho'zilishini 10% ga pastligini ko'rsatdi.

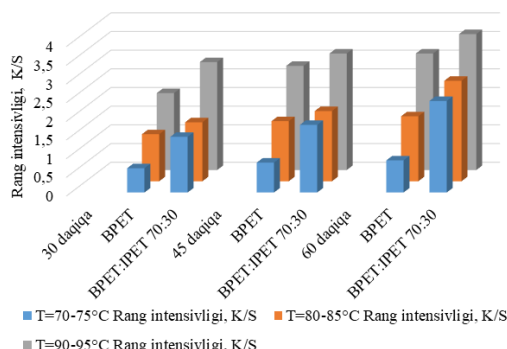
10-jadval

Bo'yalmagan PET kalavalar fizik-mexanik ko'rsatkichlari

Kalavaning xarakteristik ko'rsatkichlari	O'lchov birligi	GOST 23432-89	BPET	BPET:IPET 70:30
Chiziqli zichligi	tex	15-60	42	59,4
Uzilish kuchi	cN/tex	10-30	12,3	13,49
Uzilishdagi cho'zilish	%	10-35	12,9	11,67
Buramlar soni	buram/metr	200-600	300	362

PET kalavalarini bo'yash jarayoni turli harorat (70-95°C) va davomiyliklar (30-60 minut) da o'rganildi. BPET:IPET 70:30 kompozitsion kalava rang intensivligini BPET kalavaga nisbatan 14,3% ga yuqoriligini tola ustmolekulyar qurilmasida amorf

sohani yuqori harorat va bo'shashtiruvchi ta'sirida yanada kengayishi, konsentratsiya gradienti tufayli unga ko'proq bo'yovchi modda sorblanishi bilan izohlash mumkin (11-rasm).



11-rasm. Bo'yash eritmasi harorati va vaqtini kalava rang intensivligiga ta'siri

70:30 kompozitsion kalava 70-75°C haroratda 30 daqiqa bo'yalganda K/S=1,49, davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 64,4% ga, 80-85°C da 30 daqiqa bo'yalganda K/S=1,58, davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 70,2%, bo'yashni qaynash haroratida (90-95°C) 30 daqiqa davom ettirilganda K/S=2,89, davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 26% ga oshganini ko'rish mumkin. Bir xil rang intensivligi BPET kalava T=90-95°C haroratda 60 daqiqa, kompozitsion kalava T=80-85°C haroratda 45 daqiqa bo'yalganda kuzatildi.

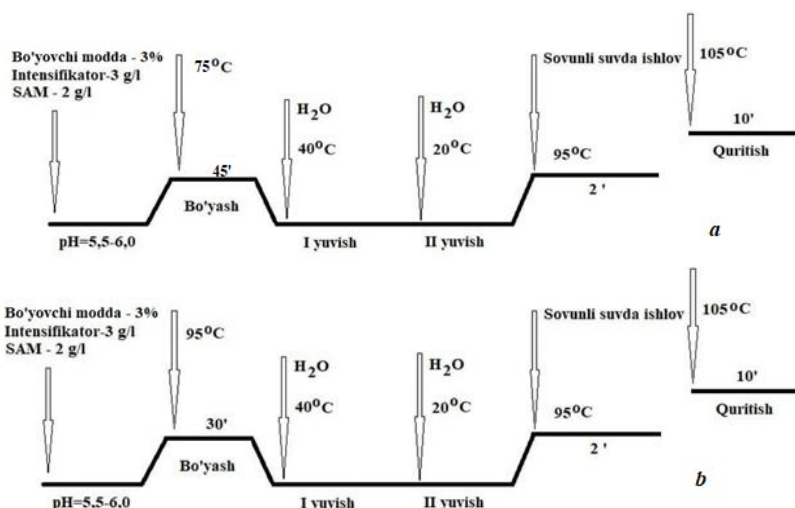
11-jadval

Bo'yalgan PET kalavalar fizik-mexanik ko'rsatkichlari

Kalavaning xarakteristik ko'rsatkichlari	O'lchov birligi	GOST 23432-89	BPET	BPET:IPET 70:30
Chiziqli zichligi	tex	15-60	42	57
Uzilish kuchi	cN/tex	10-30	11,6	13,6
Uzilishdagi cho'zilish	%	10-35	12,9	17.4
Buramlar soni	buram/metr	150-600	389	535

**Izoh: chiziqli zichligi – BPET – 42 tex, BPET:IPET 70:30 – 59,4 tex; uzilish kuchi – BPET – 12,3 cN/tex, BPET:IPET 70:30 – 13,49 cN/tex; uzilishdagi cho'zilish – BPET – 12,9%, BPET:IPET 70:30 – 11,67%; buramlar soni – BPET – 300 buram/metr, BPET:IPET 70:30 – 362 buram/metr.*

Bo'yalgan kalavalar fizik-mexanik ko'rsatkichlarini tahlili dastlabki, bo'yalmagan kalava namunalariga nisbatan BPET kalava chiziqli zichligi va uzilishdagi cho'zilishni o'zgarmaganini, uzilish kuchini 11,2%, buramlar soni esa 23% ga oshganini, 70:30 kompozitsion kalava chiziqli zichligi 4,2% pasaygani, uzilish kuchi 0,8% ga, uzilishdagi cho'zilishi 33% ga, buramlar soni esa 32,3% ga oshganini ko'rsatdi. BPET:IPET 70:30 kompozitsion kalavada och ranglar olish uchun bo'yash jarayonini 70-75°C haroratda 45 daqiqa, to'q ranglar keltirib chiqarish uchun esa 90-95°C haroratda 30 daqiqa olib borish tavsiya etildi.



12-rasm. BPET:IPET 70:30 kompozitsion kalavani bo'yash rejimi.
a – och ranglar uchun; b – to'q ranglar uchun.

Xom kalavadan LXA-252 yassi ikki ignadonli to'quv mashinasida yuza zichligi 70 g/m² bo'lgan glad trikotaj matosi ishlab chiqarildi. Olingan trikotaj matolar fizik-mexanik ko'rsatkichlari 12-jadvalda keltirilgan. To'qilgan trikotaj matolari fizik-mexanik ko'rsatkichlarini tahlili kompozitsion trikotajda uzilishga mustahkamlik BPET trikotajga nisbatan 16,3%, uzilishdagi cho'zilish 39,6% yuqoriligi, solishtirma elektr qarshiligi 1,75 barobar, havo o'tkazuvchanligi 2,3% ga pastligini ko'rsatdi.

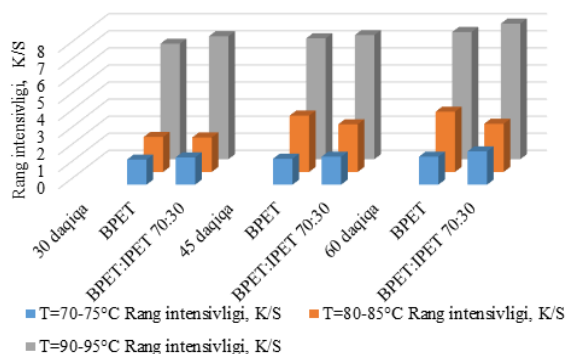
12-jadval

Bo'yalmagan trikotaj matolarini fizik-mexanik ko'rsatkichlari

Matoning xarakteristik ko'rsatkichlari	O'lchov birligi	GOST 28554-90	БПЕТ	БПЕТ:ИПЕТ 70:30
Uzilish kuchi	cN	300-500	382,7	445,1
Uzilishdagi cho'zilish	mm	60-150	104,85	146,40
Solishtirma elektr qarshiligi	Om	10 ⁷ -10 ⁹	1,6·10 ⁸	2,8·10 ⁸
Havo o'tkazuvchanligi	sm ³ /sm ² s	100-200	182,7	178,4

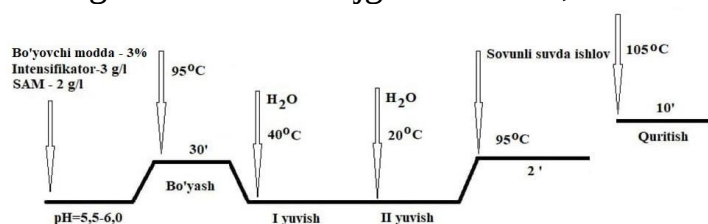
BPET va 70:30 kompozitsion kalavalardan to'qilgan xom trikotaj glad matosini dispers bo'yovchi modda bilan bo'yashda dissertasiyaning 3.3-bo'limida BPET:IPET 70:30 kompozitsion tolani bo'yash uchun tavsiya etilgan tarkib va texnologiyadan foydalanildi. Turli harorat va davomiylikda bo'yalgan PET trikotaj rang intensivlik qiymatlarini tahlili jarayon harorati har 10-15°C, davomiylik 15 daqiqaga uzaytirilganda ortishini ko'rsatdi (13-rasm).

70-75°C haroratda 30 daqiqa bo'yalgan BPET trikotaj rang intensivligi (K/S=1,47) bo'lgan holda, bo'yash davomiyligi 45 va 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 3,4% va 7,8% ga, 80-85°C haroratda 30 daqiqa bo'yalgan trikotajda (K/S=2,03) bo'lgan holda, rang intensivligini 60,9% va 6,7% ga, 90-95°C haroratda esa mos ravishda 4,7% va 5,2% ga; yuqoridagi sharoitlarda bo'yalgan kompozitsion trikotajda esa bu qiymatlar mos ravishda 70-75°C haroratda 2,5% va 18,9%, 80-85°C haroratda 38,1% va 1,1%, 90-95°C haroratda esa 0,97% va 9,2% ga oshganini ko'rish mumkin. Bir xil rang intensivligi BPET va 70:30 kompozitsion trikotajda harorat 80-85°C, davomiylik 30 daqiqa bo'lganda kuzatildi.



13-rasm. Trikotaj mato rang intensivligini bo'yash harorati va davomiyligiga bog'liqligi

Bo'yash jarayoni 90-95°C haroratda 30 daqiqa olib borilganda esa kompozitsion trikotajda rang intensivligini BPET trikotajga nisbatan 4,5 barobar oshishiga erishildi.



14-rasm. BPET:IPET 70:30 kompozitsion trikotaj matoni bo'yash texnologik ketma-ketligi

Tarkibida 30% ikkilamchi PET bo'lgan kompozitsion kalava (och ranglar uchun 70-75°C da 45 daqiqa, to'q ranglar uchun 90-95°C da 30 daqiqa) va trikotaj glad to'qimasini (90-95°C da 30 daqiqa) bo'yashda energoresurslarni (bo'yash haroratini 30-45% ga, bo'yash davomiyligi 25-50% ga kamaytirish) tejash "Yashil iqtisodiyot" dasturida belgilangan vazifalarni bajarish va global ekologik muammolarni bartaraf etish uchun xizmat qiladi.

PET tolalarning bo'yash jarayonini tadqiq etish tajribani matematik to'liq faktorli rejalashtirish yordamida amalga oshirildi. Kiruvchi faktorlarni (x_1 —bo'yovchi modda konsentratsiyasi, %; x_2 —bo'yash jarayoni harorati, °C; x_3 —bo'yash jarayoni davomiyligi, t) optimalashtirishning chiquvchi parametriga (y_1 —rang intensivligi) ta'siri o'rganildi va uni koeffitsientlarini ahamiyatga ishonchli interval bilan taqqoslab tekshirilgandan keyin regressiya tenglamasi olindi:

$$y=25,0575+2,0025x_1+0,4525x_3-2,0625x_1x_3+1,2950x_2x_3$$

Model adekvatligi Styudent kriteriysi bilan taqqoslab tekshirilgan. Regressiya tenglamasining tahlili shuni ko'rsatadiki, x_1 (konsentratsiya) va x_3 (vaqt) omillar ijobiy ("musbat" ishorali) bo'lib, bunda x_1 omilning ta'sir darajasi x_3 ($b_1 > b_3$) dan sezilarli darajada yuqori. Optimallashtirish parametriga ularning juft o'zaro ta'siri $x_1 x_3$ ham kuchli ta'sir ko'rsatadi. Eksperimental tadqiqotlar va olingan matematik modelga asoslanib, oqilona ishlov berish rejimi sifatida: konsentratsiya - 4%, harorat - 70°C, vaqt - 30 daqiqa tanlandi.

Bo'yash tarkibi va tartibini takomillashtirish natijasida bo'yash sarfini kamaytirish, texnologik jarayon davomiyligi va ish vaqtini qisqartirish hisobiga 100 kg tayyor mahsulotni bo'yashdan olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik 343176 so'mni yoki 1 tonna tayyor mahsulot uchun 3431760 so'mni tashkil etadi.

XULOSA

1. Adabiyotlar tahlilida poliefir tola va iplariga bo'lgan talab hanuzgacha pasaymagani, yangi xossali to'qimalar yaratishda fizikaviy va kimyoviy modifikatsiya usullaridan samarali foydalangan holda g'ovaksimon va past zichlikdagi, orientirlash va tortish jarayonini to'liq yoki qisman relaksatsiya qilish hisobiga yuqori sorbsion qobiliyatli tolalar olish mumkinligi ko'rsatilgan.

2. Ikkilamchi polietilentereftalat granulalaridan quruq usulda shakllantirilgan tolalarni bo'yash texnologiyasi ishlab chiqilgan. IPET va BIPET tolalarni BPET tolaga nisbatan ustmolekulyar qurilmasida amorf sohani ustunlik qilishi sorbsion xossalarini yuqoriligi bilan tasdiqlangan.

3. Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat granulalari aralashmasidan shakllantirilgan kompozitsion tolani bo'yash eritmasi ratsional tarkibi va jarayon texnologik parametrlari aniqlangan. Bo'yash jarayonini 70-75°C harorat, $\tau=30$ daqiqa davom etishi 70:30 kompozitsion tolada BPET tolaga nisbatan 22% yuqori intensivlik va sovunli ishlovga 1 ballga yuqori mustahkamlikdagi rang keltirib chiqarishi ko'rsatilgan.

4. IQ-spektroskopiya, rentgenografiya va differentsial-termik tahlil asosida bo'yovchi moddani tolaga vodorod va gidrofob bog'lanishlar bilan bog'langanligi tasdiqlangan.

5. Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat tolalalari asosidagi to'qimachilik materiallari (ip, mato)ning fizik-mexanik xossalari tadqiq qilingan va bo'yash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Tarkibida 30% ikkilamchi PET bo'lgan kompozitsion kalava (och ranglar uchun 70-75°C da 45 daqiqa, to'q ranglar uchun 90-95°C da 30 daqiqa) va trikotaj glad to'qimasini (90-95°C da 30 daqiqa) bo'yashda jarayon haroratini 30-45% ga, davomiyligini 25-50% ga kamaytirishga erishilgan.

6. Bo'yash-antistatik pardozi berishning ikki vannali usuli PET tolada ravon va mustahkam rang olishga hamda solishtirma yuzaviy elektrlanish qarshilikni $1,08 \cdot 10^4$ baravar kamaytirishga imkon berishi ko'rsatilgan. Polietilentereftalat granulalari asosida olingan tolalarni ikki vannali usulda pardozlashning birinchi bosqichida bo'yovchi moddani tola strukturasiga o'rnatish tolada intensiv va suvli ishlovlarga bardoshli ranglar, ikkinchi bosqichida esa kation aktiv preparat - triammonni tola funktsional guruhlari bilan bog'lanib, solishtirma yuzaviy elektrlanish qarshiligini kamaytirishi tajriba natijalari asosida aniqlangan.

7. PET tolalarni bo'yash tarkibi va tartibini takomillashtirish natijasida bo'yash materiallari sarfini kamaytirish, texnologik jarayon hamda ish davomiyligini qisqartirish hisobiga 100 kg tayyor tolani bo'yashda olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik 343176 so'mni yoki 1 tonna tayyor mahsulotni bo'yashdan esa 3431760 so'mni tashkil etadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.21.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ШАМАНОВ ШАВКАТ ХОЛМУРОТОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ ВОЛОКНА,
ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

**05.06.02 – Технология текстильных материалов и первичная обработка
сырья**

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

Ташкент – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Академии наук Республики Узбекистан под номером B2024.2.PhD/T4709.

Диссертационная работа выполнена в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Ученого совета при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности (www.ttyesi.uz) и на Информационно-образовательном портале "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Хасанова Саодат Хаитовна
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Ханхаджаева Нилуфар Рахимовна
доктор технических наук, профессор

Исмоилов Равшан Исроилович
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится «27» августа 2026 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.21.01. при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности (Адрес: 100100, г. Ташкент, Яккасарайский район, улица Шохжахон, дом 5. Административное здание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 2 этаж, 222-я аудитория), тел.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс: (+99871) 253-36-17; e-mail: titlp_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (зарегистрирована № 306). Адрес: 100100, г. Ташкент, Яккасарайский район, улица Шохжахон, дом 5. Тел.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Автореферат диссертации разослан «20» июля 2026 года.
(реестр Протокола рассылки № 306 от «20» июля 2026 года)



Х.Х.Камилова
Председатель Научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

А.З.Маматов
Учёный секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Ш.Ш.Хакимов
Председатель Научного семинара при Научном совете по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD)).

Актуальность и востребованность темы диссертации. В связи с внедрением новых и экологически чистых производственных процессов, объем рынка полиэфирного волокна в мире в 2024 году оценивался в 129,8 млрд долларов США и, как ожидается, достигнет 207,4 млрд долларов США к 2034 году при ежегодном темпе роста в 4,5%, при этом 38% от общего объема продаж полиэфирной продукции в 2024 году приходилось на одежду. План действий Европейской комиссии по развитию круговой экономики фокусируется на повторном использовании полиэфирных волокон в текстильной промышленности и сокращении количества устаревших материалов за счет устойчивого дизайна, а Цель 12 Повестки дня ООН в области устойчивого развития призывает отрасли промышленности использовать методы минимизации отходов и переработки. В этом контексте разработка технологий, обеспечивающих замкнутый цикл использования полиэфирного волокна в текстильной промышленности и эффективное использование его вторичного сырья, имеет важное значение¹.

Во всем мире проводятся системные научные исследования по совершенствованию современной новой техники и технологий переработки, химической отделки и эффективного использования вторичных ПЭТ-волокна для расширения сырьевой базы текстильной промышленности. В этом направлении, в частности, наряду с первичными полиэфирными волокнами, приоритетными считаются исследования по окрашиванию волокна, полученного из вторичного полиэтилентерефталата, и разработке новых текстильных изделий на их основе. В связи с этим особое внимание уделяется эффективному использованию полиэфирных волокон, развитию экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий химической отделки пряжи и текстильных материалов на ее основе.

В нашей республике реализуются комплексные экологические и экономические меры по переработке полиэтилентерефталатных отходов и развитию производства из них полиэфирных штапельных волокон. В Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан на 2023-2030 годы «Узбекистан-2030» определены важные задачи, в том числе "повышение энергоэффективности экономики, снижение потерь в отраслях промышленности и повышение эффективности использования ресурсов"². В этом направлении, в частности, важное значение приобретает получение вторичного полиэфирного волокна путем переработки ПЭТ-тары, собранной в Республике, предложение нового ассортимента текстильных материалов, ориентированных на снижение потребления первичного полиэфира, сокращение объемов экспорта и импорта, а также разработка ресурсосберегающих технологий их химической отделки.

Настоящая диссертационная работа в определенной степени направлена на реализацию задач, определенных Указами Президента Республики Узбекистан от 31 мая 2023 года № УП-81 «О мерах по трансформации сферы экологии и

¹ Рынок полиэфирного волокна - по сорту, по продукту, по применению - мировой прогноз на 2025–2034 гг. Дата публикации: March 2025. <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/polyester-fiber-market>

² Указ Президента Республики Узбекистан УП-158 от 11 сентября 2023 года о стратегии "Узбекистан-2030."

охраны окружающей среды и организации деятельности уполномоченного государственного органа», от 10 января 2023 года № УП-2 «О мерах по поддержке деятельности хлопково-текстильных кластеров, коренному реформированию текстильной и швейно-трикотажной промышленности и дальнейшему повышению экспортного потенциала отрасли», от 16 января 2025 года № УП-6 «О дополнительных мерах по развитию цепочки переработки в текстильной и швейно-трикотажной промышленности», а также от 29 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», постановлением Президента Республики Узбекистан от 24 января 2022 года № ПП-99 «О мерах по созданию эффективной системы развития производства и расширения промышленной кооперации в Республике», а также иными нормативно-правовыми актами, регулирующими данную сферу деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II - «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В области химической переработки полимеров, вызывающих глобальный экологический кризис, в частности полиэтилентерефталатных пластиков, с целью синтеза первичного полиэтилентерефталата значительные исследования проведены зарубежными учёными Nandi S., Mahish S., Nath D., Ayzenshteyn E.M., Shayers D., а также узбекскими исследователями Alimuxamedov M.G., Odilov R.I., Jo‘rayev A.B. и другими. Вместе с тем, в мировой практике широко применяются механические способы переработки пластиков с получением вторичного полиэтилентерефталата, чему посвящены работы Jiang Zhaohui, Guo Zengge, Zhang Zhanqi, Qi Yuanzhang, Moral A., Irusta R., Martin J.M., Martinez L. и др.

Кроме того, эффективные исследования по получению пряжи из смесей первичного и вторичного полиэтилентерефталата, а также в сочетании с натуральными и химическими волокнами, выполнены Telli A., Babaarslan O., Sarioglu E., Nohut S., Yayla O., O‘zdil N., Skulanova N.S., Zubkova N.S., Podalnaya T.V., Golaydo S.A. и другими авторами.

Сформировалась большая научная школа по получению искусственных и синтетических волокон, их модификации, разработке текстильных волокон из смеси с другими волокнами и химической отделке, в которой в свое время работали Геллер Б.Э., Эргашев К.Э., Зокиров Э.З., Згибнева Ж.А., Хамраев А.Л., Абдукаримова М.З. В настоящее время Д.Б.Худойбердиева, И.А.Набиева и А.А.Миратаев вносят свой вклад в его развитие. Вместе с тем, недостаточно глубоко изучены проблемы сухого окрашивания вторичного полиэтилентерефталатного волокна в массе, разработки новых ассортиментов текстильных материалов, в том числе нитей и тканей на основе первичного и вторичного полиэтилентерефталата и решения проблем их окрашивания.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Исследования, представленные в диссертации, выполнены в рамках прикладного проекта ПЗ-20170928224 «Получение полиэфирных волокон для текстильной промышленности и создание новых технологий производства текстильных смесовых нитей и тканей на их основе» (2018-2020).

Цель исследования: Разработка технологии крашения волокна, полученного из первичного и вторичного полиэтилентерефталата.

Задачи исследования:

полиэтилентерефталат: аналитический анализ опубликованных научных работ по получению, возможностям управления свойствами, экологическим проблемам в производстве, инновационным технологиям переработки в текстильной промышленности;

разработка технологии формования и крашения волокна из вторичного полиэтилентерефталата;

формование волокон из смеси гранул первичного и вторичного полиэтилентерефталата, определение оптимального состава красильного раствора и технологических показателей процесса;

исследование технологических свойств текстильных материалов (нитей, тканей) на основе первичных и вторичных полиэтилентерефталатных волокон, обоснование соотношения волокон в нитях, нитей в тканях, разработка технологии крашения;

совершенствование технологии крашения и придания антистатических свойств вторичным полиэтилентерефталатным волокнам, обоснование технико-экономической эффективности разработанных и усовершенствованных технологий.

Объект исследования: Объектом исследования являются гранулы первичного, вторичного полиэтилентерефталата и текстильные материалы на их основе (волокно, нить, ткань).

Предмет исследования – исследование процессов формования волокон из смеси гранул первичного и вторичного полиэтилентерефталата, крашения текстильных материалов на их основе, кинетики процессов придания антистатических свойств, физико-механических, физико-химических и колористических свойств материалов.

Методы исследования: исследования проводились с использованием современных средств испытаний (ИК-спектроскопия, спектроколориметрия, сорбционный, рентгенографический анализ, дифференциально-термический анализ, физико-механические и математические методы).

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

по анализу сорбционных свойств полиэтилентерефталатных волокон установлено, что их высокоформализованная надмолекулярная структура обеспечивает образование интенсивных и прочных красок;

установлено, что степень кристаллизации окрашенных полиэтилентерефталатных волокон и увеличение размера кристаллита связаны с размещением частиц красителя в кристаллической ячейке волокна на основе

ИК-спектроскопии, рентгеноструктурного и дифференциально-термического анализов;

установлено, что колористические свойства текстильных материалов (волокна, пряжи, ткани) на основе первичных и вторичных полиэтилентерефталатных волокон зависят от соотношения нитей, а связь триагона с функциональными группами волокна при антистатической отделке снижает удельное поверхностное электрическое сопротивление;

на основе анализа физико-механических свойств, цветовых качественных показателей текстильных материалов (волокна, нитки, ткани) на основе первичных и вторичных полиэтилентерефталатных волокон

Практические результаты исследования:

предложен состав и технология крашения волокна, полученного на основе вторичного полиэтилентерефталата, дисперсным красителем;

разработана технология крашения композиционного волокна, полученного на основе вторичного и первичного полиэтилентерефталата в соотношении 70:30, в растворе дисперсного красителя при температуре, близкой к температуре стеклования волокна, и при вдвое сокращённой продолжительности процесса по сравнению с традиционной;

подтверждено, что связывание полярных групп красителя ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$) с активными центрами ($-\text{COOC}-$ группы) композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ в соотношении 70:30 посредством межмолекулярных водородных связей и гидрофобных взаимодействий приводит к увеличению степени кристалличности волокна в 5,94 раза;

разработана совмещённая двухванная технология химической отделки волокон, полученных на основе гранул полиэтилентерефталата, включающая совмещение процессов крашения и придания им антистатических свойств;

разработана технология периодического крашения текстильных материалов (пряжа, ткань) дисперсными красителями на основе первичных и вторичных полиэтилентерефталатных волокон;

в результате усовершенствования состава и режима крашения ПЭТ-волокна годовая экономическая эффективность от крашения 100 кг готового волокна за счет снижения расхода красящих материалов, сокращения технологического процесса и продолжительности работы составляет 343176 сумов, а от крашения 1 тонны готовой продукции - 3431760 сумов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов подтверждается анализом свойств волокон на основе ПЭТ с использованием современных физико-химических и оптических методов, а также соответствием теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами апробации и внедрения, адекватностью по критериям сравнения и оценки, положительными итогами проведённых исследований и их сравнительным анализом с данными по рассматриваемой области науки.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что физико-химические анализы легли в основу формирования композиционного волокна на основе вторичного полиэтилентерефталата, установлена связь между морфологией и надстройкой волокон и их колористическими свойствами.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке технологии крашения текстильных материалов, сформированных из первичного и вторичного полиэтилентерефталата, решении экологических проблем за счет эффективного использования отходов, сокращении объема импорта республики и обеспечении текстильной промышленности новым ассортиментом волокна.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по технологии крашения и антистатической отделки волокна из первичного и вторичного полиэтилентерефталата:

технология окрашивания волокон, полученных из первичных и вторичных гранул полиэтилентерефталата, апробирована в лабораторных условиях ООО «TASHTIB-TEX» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» № 03/25-2674 от 8 октября 2024 г.). В результате в процессе крашения вновь сформированных композиционных волокон в массе с использованием мастербатча и в растворе в присутствии дисперсного красителя при температуре, близкой к температуре стеклования волокна, и при вдвое сокращённой продолжительности по сравнению с традиционной, получены волокна с высокой интенсивностью окраски.

технология крашения и антистатической отделки волокон, полученных из первичных и вторичных гранул полиэтилентерефталата, апробирована в химической лаборатории предприятия ООО «Компания UNITEХ» (Справка Ассоциации «Узтекстильпром» № 03/25-2674 от 8 октября 2024 г.). В результате было достигнуто снижение удельного электрического сопротивления поверхности вновь сформированного композиционного волокна с $2,8 \approx 10^{10}$ Ом до $2,6 \approx 10^6$ Ом.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 12 международных и 8 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 29 научных работ, из них 9 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 6 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность проведенного исследования, охарактеризованы цель и задачи, объект и предмет исследования,

показано соответствие исследовательской работы приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Полиэтилентерефталат: получение, управление свойствами, экологические проблемы в производстве»** представлен критический анализ зарубежных и отечественных литературных источников по возможностям получения волокна из гранул полиэтилентерефталата, особенностям получения полиэтилентерефталатного волокна, технологиям крашения полиэфирных волокон различными способами и придания антистатических свойств синтетическим волокнам.

Во второй главе диссертации **«Объекты и методы химической отделки волокон, полученных на основе первичного и вторичного полиэтилентерефталата»** приведены характеристика объекта исследования, методы эксперимента, формирование ПЭТ-волокна в лабораторном экструдере, методы крашения в массе и растворе, комбинированный метод крашения и антистатической отделки, режимы и составы процессов получения волокна, крашения и антистатической отделки, антистатическая отделка двухваннным методом, методы анализа результатов эксперимента.

В третьей главе диссертации под названием **«Разработка технологии крашения текстильных материалов (волокна, пряжи, ткани) на основе первичного и вторичного полиэтилентерефталата»** приведены результаты крашения и антистатической отделки волокон, полученных на основе гранул ПЭТ, разработки технологии крашения композиционных волокон, нитей и трикотажных тканей на основе ППЭТ:ВПЭТ, математического моделирования на основе планирования полнофакторного эксперимента при изучении процесса и расчеты годовой экономической эффективности крашения волокон полиэтилентерефталата.

Первый этап исследований был посвящен определению физико-химических показателей объектов исследования: первичных (ППЭТ), вторичных (ВПЭТ) гранул и пластико-упаковочной тары (ПУТ). По ГОСТ показано, что полиэтилентерефталат, пригодный для получения волокна, имеет температуру плавления 255-260°C, молекулярную массу 20000-30000, влажность 0,03% и зольность около 0,06%. Молекулярную массу исследуемых образцов ПЭТ рассчитывали на основе удельной и характеристической вязкости раствора, приготовленного в смеси растворителей фенола и тетрахлорэтана в соотношении 1/3 (табл).

Таблица 1

Физико-химические показатели гранул ПЭТ

Гранулы ПЭТ	Показатели			
	удельная вязкость	Молекулярная масса	Влажность, %	Зольность, %
ППЭТ	0,84	22968	0,03	0,03
ВПЭТ	0,72	19545	0,04	0,28
ПУТ	0,51	12963	0,03	0,05
ГОСТ	0,85	20000-30000	0,03	0,06

Результаты экспериментов показали, что удельная вязкость и молекулярная масса первичного и вторичного ПЭТ волокна пригодны для их волокнообразования, в то время как ПУТ не отвечает требованиям по этим основным параметрам. Установлено, что во всех видах ПЭТ содержание влаги в пределах требований, кроме ВПЭТ, значение зольности не превышало установленной нормы.

Следующий этап исследований был посвящен формированию волокон в лабораторном устройстве для получения их из объектов исследования. Степень усадки полученных волокон представлена на рисунке 1.

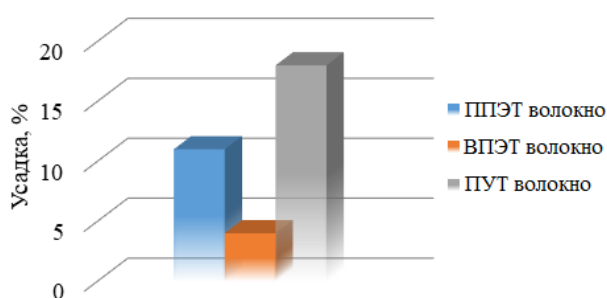


Рис. 1. Усадка ПЭТ-волокон

Из рисунка видно, что самая высокая степень усадки наблюдалась в волокне ПУТ. Это указывает на то, что в структуре ПУТ из-за многократной высокотемпературной обработке по сравнению с другими образцами ПЭТ, развиваются межмолекулярные пространства, каналы и поры.

На втором этапе исследований изучался процесс окрашивания волокон, полученных из ППЭТ, ВПЭТ и их смесей, методом «крашение в массе» и «крашение в растворе».

Путем добавления в ПЭТ-раствор смеси из дисперсного красителя, диспергатора и парафина формовали окрашенные волокна. Интенсивность цвета волокон представлена на рисунке 2.

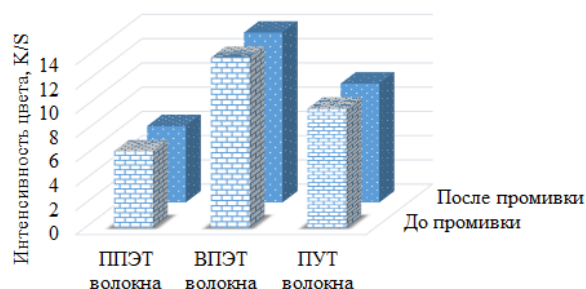


Рис. 2. Показатель интенсивности цвета ПЭТ-волокон

Высокая интенсивность окраски на вторичных ВПЭТ и ПУТ волокнах, окрашенных методом “крашения в массе”, по сравнению с ППЭТ, связана с изменениями, происходящими в надмолекулярной структуре во время переработки. Интенсивность цвета окрашенных ПЭТ-волокон не уменьшается после кипячения в течение 30 минут в 2 г/л растворе ПАВ и промывки, что подтверждает образование прочных окрасок.

Процесс окрашивания волокон ППЭТ, ВПЭТ и ПУТ методом “крашение в растворе” осуществлялся в красильном растворе, содержащем дисперсный краситель, интенсификатор, поверхностно-активное вещество и регулятор pH среды (рис. 3).

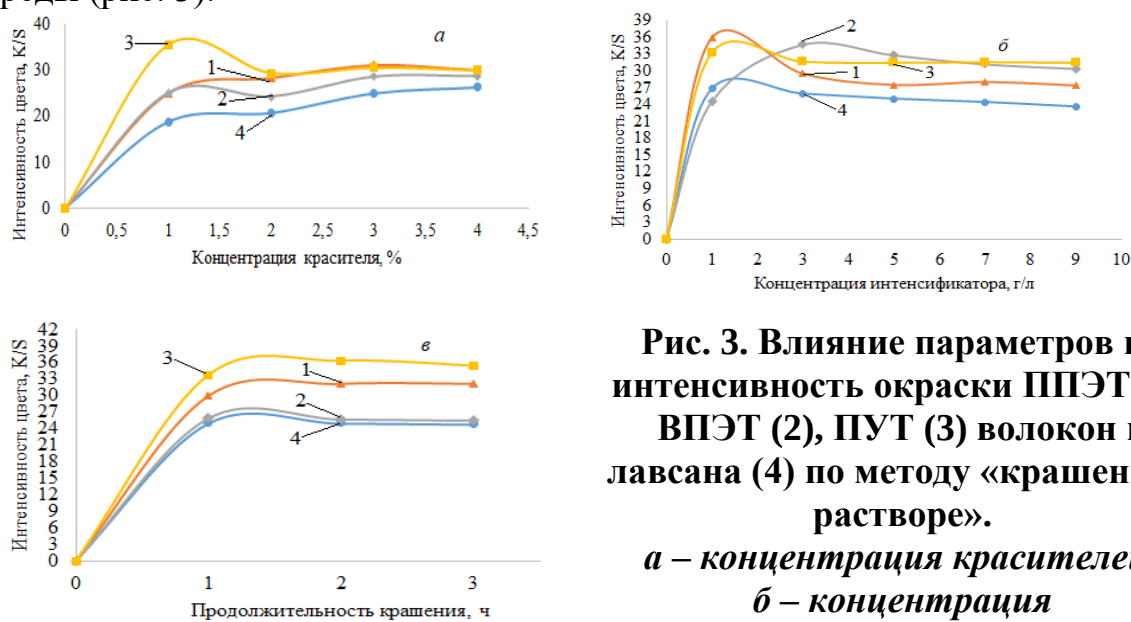


Рис. 3. Влияние параметров на интенсивность окраски ППЭТ (1), ВПЭТ (2), ПУТ (3) волокон и лавсана (4) по методу «крашение в растворе».

а – концентрация красителей;

б – концентрация интенсификатора;

в – продолжительность крашения.

Установлено, что по сравнению с ППЭТ-волокном, обладающим более упорядоченной структурой и высокой степенью кристалличности, в ПУТ-волокне с развитой аморфной частью и пористой структурой наблюдается более высокая интенсивность окраски. Это связано с тем, что в результате сильных гидротермических воздействий (в течение 3 часов) происходит миграция олигомеров из внутренних областей волокна наружу, вследствие чего в освобождённом объёме аморфной фазы облегчается диффузия молекул красителя и увеличивается количество капсулированного в волокне красителя (рис. 3, а).

Результаты прочности окрасок ПЭТ-волокон к мылу представлены в таблице 2.

Таблица 2

Прочность окрасок ПЭТ-волокон к мылу

Тип волокна	Концентрация красителя, %			
	1	2	3	4
ППЭТ	5/5/5	5/5/5	5/4/5	5/4/5
ВПЭТ	5/5/5	5/5/5	5/4/5	5/4/5
ПУТ	5/5/5	5/4/5	5/5/5	5/5/5
Волокно лавсан	5/5/5	5/5/5	5/5/5	5/5/5

Высокую прочность окраски на волокнах можно рассматривать как результат капсулирования молекул красителя в волокне, то есть их диффузии и сорбции во флуктуационные объёмы, образующиеся под действием повышенной температуры.

При концентрации интенсификатора 1 г/л интенсивность окраски волокна ППЭТ составляет $K/S = 36$, волокна ПУТ $K/S = 33$, лавсана $K/S = 26$, а высокая интенсивность цвета волокна ВПЭТ $K/S = 35$ достигается при концентрации интенсификатора 3 г/л (рис. 3 б). Это свидетельствует о том, что при увеличении количества интенсификатора и воздействии температуры кипения в структуре волокна образуется больше и быстрее свободных объёмов, вследствие чего возрастает доля красителя, диффундирующего в волокно. Однако при концентрации носителя 5 г/л резкое снижение интенсивности окраски во всех волокнах указывает на усиление процесса десорбции красителя одновременно с его сорбцией при температуре кипения.

При изучении влияния продолжительности процесса крашения на интенсивность окраски волокон (рис. 3 в) установлено, что в первые 60 минут крашения интенсивность окраски всех исследованных волокон возрастает. Близость кривых ВПЭТ и лавсана обусловлена их более плотной и высококристаллической структурой, ограничивающей доступность аморфных областей для проникновения красителя. Кроме того, во ВПЭТ-волокне после переработки присутствуют продукты термоокислительной деструкции, остаточные стабилизаторы и низкомолекулярные фракции, которые приводят к частичной блокировке свободных объёмов и снижению подвижности цепей. Более высокая интенсивность окраски ППЭТ-волокон связана с более однородной надмолекулярной структурой, оптимальным соотношением аморфной и кристаллической фаз, меньшим количеством дефектов и загрязнений, что обеспечивает более глубокую диффузию красителя. Максимальные значения K/S у ПУТ-волокон объясняются их развитой аморфной фазой, повышенной пористостью и наличием микродефектов структуры. Установлено, что проведение процесса крашения в течение 3 часов не оказывает существенного влияния на интенсивность окраски волокон, при этом агрессивные условия (температура, время) приводят к огрублению ПЭТ-волокон и разрушению ПУТ-волокна, в связи с чем в качестве рациональной продолжительности крашения выбрано 1 час.

В результате исследований предложен состав и технология крашения волокон ППЭТ и ВПЭТ:

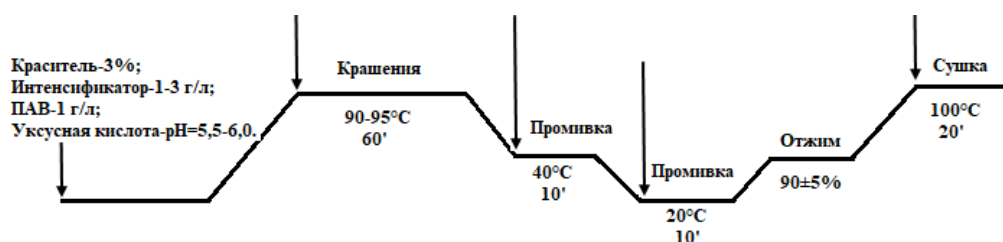


Рис. 4. Технологический режим процесса крашения ППЭТ и ВПЭТ волокон

На третьем этапе исследования изучался процесс окрашивания волокон, сформированных из смеси гранул ППЭТ и ВПЭТ в различных соотношениях, в массе и растворе. Колористические показатели окрашенных волокон приведены в таблицах 3 и 4.

Окраску в массе осуществляли введением суперконцентратов мастербач в ПЭТ-раствор, а окраску в растворе - водным раствором дисперсного красителя. Проанализированы цветовые характеристики ПЭТ-волокна, полученных путем физической модификации (табл.3).

Таблица 3

Влияние типа ПЭТ-волокна на цветовые показатели волокна

Название волокна	Светлота, L*	Яркость цвета, B, kd/m ²	Цветовые координаты		Цветовой тон, h ⁰
			a*	b*	
ППЭТ 100%	38,80	7198,82	48,23	21,50	24,08
ВПЭТ 100%	35,41	5948,93	48,36	19,72	21,28
ППЭТ:ВПЭТ 30:70	35,55	5996,74	48,79	20,48	23,03
ППЭТ:ВПЭТ 50:50	34,78	5730	48,42	23,96	23,10
ППЭТ:ВПЭТ 70:30	34,26	5527,9	48,21	24,05	23,51

Анализ цветовых показателей окрашенных волокон показал, что увеличение содержания ППЭТ в композиционном волокне приводит к снижению светлоты цвета, при этом по оси a* («красно-зелёная» координата) существенных изменений не наблюдается, а по оси b* («жёлто-синяя» координата) цвет смещается в сторону жёлтого. Установлено, что цветовой тон композиционного ПЭТ-волокна состава 70:30 отличается от цветового тона ППЭТ-волокна на 0,57°.

Цветовые показатели ППЭТ, ВПЭТ волокон и композиционных волокон соотношения 70:30, 50:50, 30:70, окрашенных раствором способом по предложенному на предыдущем этапе составу и технологии, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Влияние типа ПЭТ-волокна на цветовые показатели волокна

Название волокна	Светлота, L^*	Яркость цвета, B , kd/m^2	Цветовые координаты		Цветовой тон, h^0
			a^*	b^*	
ППЭТ 100%	27,35	3565,26	46,70	27,21	30,22
ВПЭТ 100%	24,31	2868,6	42,03	21,90	26,87
ППЭТ:ВПЭТ 30:70	26,71	3409,07	44,14	23,38	28,11
ППЭТ:ВПЭТ 50:50	26,68	3401,89	43,45	23,21	27, 92
ППЭТ:ВПЭТ 70:30	25,05	3026,82	42,33	21,87	27,27

Анализ цветовых показателей ПЭТ-волокон, окрашенных в растворе дисперсным красителем, показал, что увеличение содержания первичного ПЭТ, аналогично окрашиванию в массе с использованием мастербатча, приводит к снижению светлоты цвета, изменению цвета по оси a^* («красно-зелёная» координата) примерно на 4,3, а по оси b^* («жёлто-синяя» координата) — примерно на 5,3. Установлено, что цветовой тон композиционного ПЭТ-волокна состава 70:30 отличается от цветового тона ППЭТ-волокна примерно на 2,9°.

Яркость цвета в композиционном волокне можно объяснить тем, что при крашении по обоим методам ППЭТ ниже, чем волокно, ППЭТ обладает максимальной чистотой, прозрачностью и высоким блеском, а в ВПЭТ происходит рассеяние и поглощение света из-за различных примесей и дефектов. Высокая цветопрочность наблюдалась у ППЭТ и волокон, полученных в соотношении 70:30.

Более низкая яркость цвета композиционного волокна по сравнению с ППЭТ-волокном при крашении обоими способами может быть объяснена тем, что ППЭТ характеризуется максимальной чистотой, прозрачностью и высоким блеском, тогда как в ВПЭТ вследствие наличия различных добавок и дефектов происходит рассеяние и поглощение света. Высокая интенсивность окраски наблюдается у ППЭТ-волокон и волокон, полученных при соотношении 70:30.

Физико-механические показатели волокон ППЭТ и ВПЭТ, окрашенных методами крашения «в массе» и «в растворе», приведены в таблице 5.

Таблица 5

Физико-механические показатели ПЭТ волокон, окрашенных различными способами

Показатели	Методы крашения			
	В массе		В растворе	
	ППЭТ	ВПЭТ	ППЭТ	ВПЭТ
Разрывная прочность, $cN/dtex$	19,57	19,12	24,59	13,08
Относительное растяжение при разрыве, %	2,24	3,11	4,28	6,08
Модуль упругости, $cN/dtex$	661,67	634,69	592,31	286,29

Анализ физико-механических показателей ППЭТ и ВПЭТ волокон, окрашенных различными способами, показал, что у ВПЭТ-волокна, окрашенного в растворе дисперсным красителем, по сравнению с ППЭТ-волокном прочность при разрыве ниже на 46,8%, модуль упругости — на 51,7%, тогда как относительное удлинение при разрыве выше на 30,2%. При окрашивании в массе с использованием мастербатча у ВПЭТ-волокна по сравнению с ППЭТ-волокном прочность при разрыве ниже на 2,3%, модуль упругости — на 4,1%, а относительное удлинение при разрыве выше на 28%.

Более низкую механическую прочность ВПЭТ-волокна, окрашенного растворным способом, по сравнению с окрашиванием в массе, можно объяснить преобладанием аморфной фазы в его надмолекулярной структуре ($S = 16 \text{ м}^2/\text{г}$), а также тем, что в процессе крашения интенсификатор переводит структуру волокна в более разупорядоченное состояние и увеличивает сорбционный объём, что приводит к разрыву межмолекулярных водородных связей и гидрофобных взаимодействий.

Несмотря на то, что для крашения гидрофобных волокон требуются специальные условия (высокая температура), в исследованиях наблюдалось, что композиционные волокна ППЭТ и ППЭТ:ВПЭТ 70:30 окрашивались в течение 30 минут при температуре 70-75°C (рис. 5).

По графическим данным установлено, что композиционное волокно состава ППЭТ:ВПЭТ 70:30 при низкой температуре уже на начальной стадии крашения превосходит ППЭТ-волокно по способности к диффузии и капсулированию молекул красителя. Это можно объяснить более развитой аморфной фазой в надмолекулярной структуре данных волокон по сравнению с кристаллической областью. Интенсивность окраски ППЭТ- и ППЭТ:ВПЭТ-волокон составляет соответственно 4,67 и 5,7.

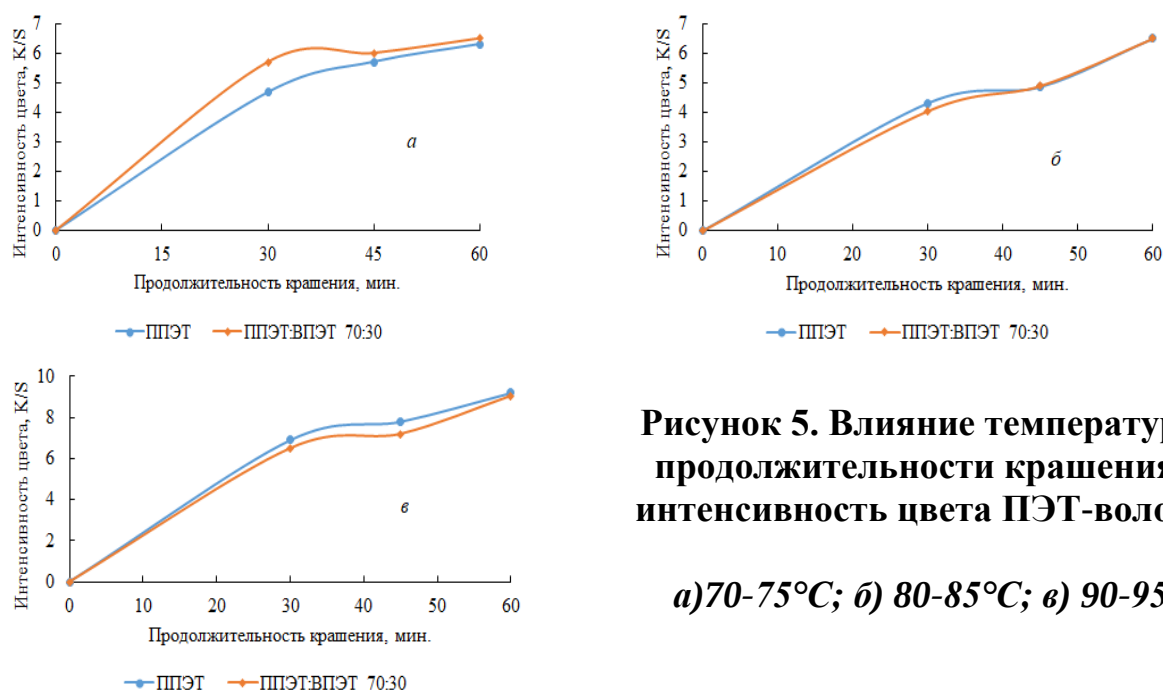


Рисунок 5. Влияние температуры и продолжительности крашения на интенсивность цвета ПЭТ-волокон:

а) 70-75°C; б) 80-85°C; в) 90-95°C

При проведении процесса крашения при температуре 80–85°C в течение 45 минут установлено достижение одинаковых значений интенсивности окраски (K/S) у ППЭТ- и ППЭТ:ВПЭТ-волокон. Это свидетельствует о том, что в обоих волокнах происходит капсулирование молекул красителя в образующиеся свободные объёмы в одинаковой степени. Дальнейшее увеличение продолжительности крашения показывает сохранение одинаковой интенсивности окраски в волокнах.

При проведении процесса крашения при температуре 90-95°C преобладание интенсивности окраски наблюдалось у волокна ППЭТ. Увеличение количества капсулированных частиц красителя в волокне на 30 и 45 минуте процесса свидетельствует об увеличении доли аморфной зоны в волокне ППЭТ. Прочность окраски окрашенного композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30 к мыльной обработке представлена в табл.6.

Таблица 6

Влияние температуры и продолжительности крашения на прочность окраски волокна

Продолжительность крашения, мин	Прочность цвета, балл		
	70-75°C	80-85°C	90-95°C
30	4/4/4	4/5/4	4/5/4
45	4/4/5	4/4/3	4/4/4
60	5/4/5	5/5/4	5/4/5

Из таблицы видно, что с увеличением температуры и продолжительности крашения прочность окраски красителя к мыльной обработке увеличивается. На основании полученных результатов предложен состав и технологический режим раствора крашения композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30 (рис. 6):



Рис. 6. Технологический режим процесса крашения композиционных волокон в соотношении ППЭТ:ВПЭТ 70:30

Высокие показатели интенсивности окраски и прочности окраски, наблюдаемые при низких температурах и короткой продолжительности крашения в композиционных волокнах ППЭТ и 70:30, напрямую связаны с их сорбционными свойствами (удельная поверхность, объем насыщения, радиус пор).

Анализ сорбционных свойств ППЭТ-, ВПЭТ- и композиционных волокон состава 70:30 показал, что ВПЭТ-волокно по удельной поверхности превосходит

ППЭТ-волокно на 41,7%, а композитное волокно состава 70:30 — на 66,4%; по объёму насыщения — соответственно на 56% и 45,7%. При этом радиус пор ВПЭТ-волокна меньше по сравнению с ППЭТ-волокном на 74,4%, а по сравнению с композитным волокном состава 70:30 — на 81,8 % (табл. 7).

Таблица 7

Сорбционные свойства ПЭТ-гранул и волокон на их основе

Адсорбенты	Ёмкость монослоя, α_m , моль/кг	Удельная поверхность, S , м ² /г	Объём насыщения $V_s \cdot 10^3$, м ³ /кг	Радиус поры, Å/нм
ППЭТ волокна	0.152	9.89	0.016236	32.8/3.28
ВПЭТ волокна	0.261	16.94	0.007146	8.4/0.84
ППЭТ:ВПЭТ 70:30	0.088	5.70	0.01314	46.1/4.61

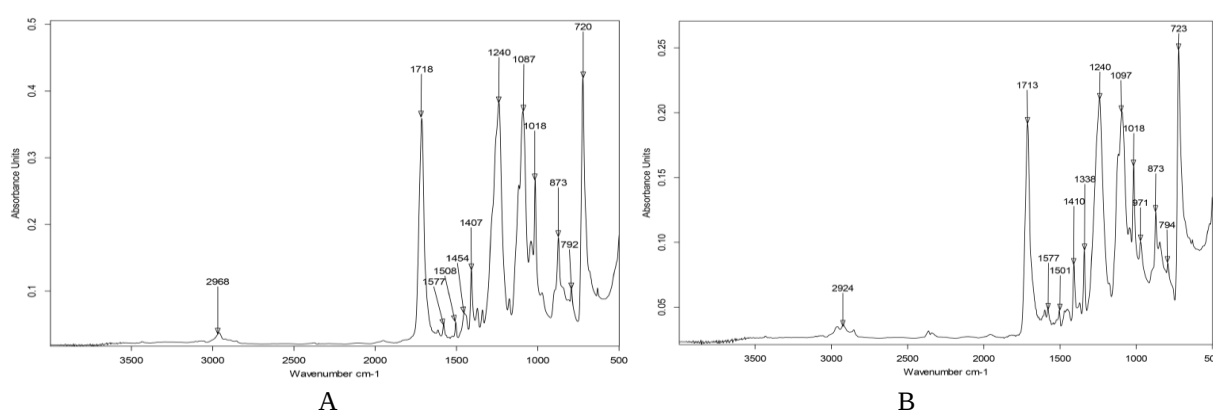


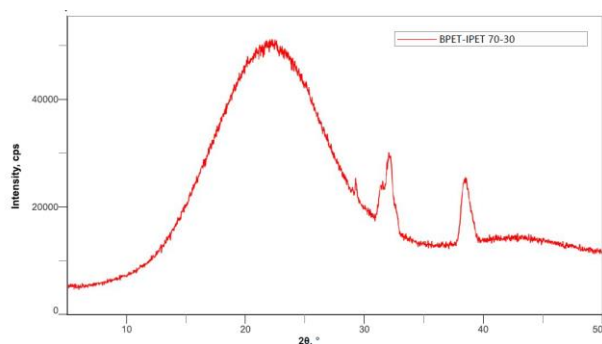
Рис. 7. ИК-спектры композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30

А - композиционное волокно ППЭТ:ВПЭТ 70:30; Б - композиционное волокно ППЭТ:ВПЭТ 70:30, окрашенное дисперсным красителем.

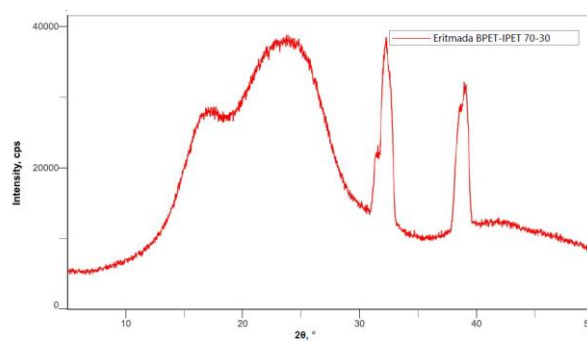
Новые полосы колебаний, зарегистрированные в ИК-спектре окрашенного композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30: валентная группа CH_2 при 1338 см^{-1} , эфирная группа $\text{C}-\text{O}$ при 971 см^{-1} , а также смещение интенсивной полосы поглощения, характеризующей валентные колебания $\text{C}-\text{OH}$, наблюдаемое в ИК-спектре окрашенного волокна при 1087 см^{-1} на 10 см^{-1} (1097 см^{-1}), подтверждают, что происходит капсуляция красителя в волокно, а также возникают водородные и гидрофобные связи между волокном и красителем.

На дифрактограмме композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30 отмечен пик низкой интенсивности отражения при угле $2\theta=29,22^\circ$, а при $2\theta=32^\circ$ и $2\theta=38^\circ$ отмечены пики, в большей степени характерные для волокна ВПЭТ. Размер кристаллита, определяемый под углом $2\theta=29,22^\circ$, составил 482 Å (рис. 8).

На дифрактограмме окрашенного композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30 наблюдалось снижение интенсивности "галло," характеризующего аморфную область, зафиксированное в неокрашенном волокне при $2\theta=16,5^\circ$ и $2\theta=24,5^\circ$, а также увеличение интенсивности пиков дифракции, наблюдаемое при $2\theta=32^\circ$ и $2\theta=39^\circ$, в 2,3 и 2,1 раза.



Неокрашеное волокно



Окрашеное волокно

Рис. 8. 70:30 дифрактограмма композиционного волокна

Степень кристаллизации исходных и окрашенных ПЭТ-волокон приведена в таблице 8.

Таблица 8

Степень кристаллизации ПЭТ-волокна

Тип волокна	Степень кристаллизации, %		
	ППЭТ	ВПЭТ	ППЭТ:ВПЭТ 70:30
Неокрашеное	4,7	4,27	3,94
Окрашеное	26,7	27,7	21,4

Из приведенной выше таблицы видно, что степень кристаллизации окрашенных ПЭТ волокон выше в 5,7, 6,5 и 5,4 раза по сравнению с исходным. В сравнении с волокнами ППЭТ и ВПЭТ степень кристаллизации композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ состава 70:30 ниже на 14,8% и 22,7% соответственно, чем можно объяснить увеличение его сорбционных свойств (удельная поверхность, емкость монослоя) при крашении.

Преимущество по количеству оставшегося на волокне красителя наблюдалось в ВПЭТ-волокне при всех значениях концентрации красителя: при концентрации красителя в растворе 1% остаток красителя на ВПЭТ-волокне был на 3,5% выше, чем на ППЭТ и на 1,14% выше, чем в композиционном волокне, при концентрации красителя 2% наблюдалось снижение на 1% и 0,6%, а при 3% на 1,6% и 1,96% меньше. Высокие сорбционные свойства ВПЭТ-волокна можно объяснить высокой удельной поверхностью по сравнению с другими ПЭТ-волокнами, в частности 1,7 раза по сравнению с ППЭТ-волокном и в 2,97 раза по сравнению с композиционным волокном ППЭТ:ВПЭТ 70:30 (табл.9).

Таблица 9

Влияние концентрации красителя на количество красителя, оставшегося в волокне

Концентрация красителя, %	Количество красителя, оставшегося в волокне, г/кг		
	ППЭТ	ППЭТ:ВПЭТ 70:30	ВПЭТ
1	9,42	9,64	9,75
2	19,14	19,22	19,34
3	28,58	28,68	29,14
4	37,67	38,4	38,92

Проанализированы термические свойства окрашенного и неокрашенного композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30 (рис. 9).

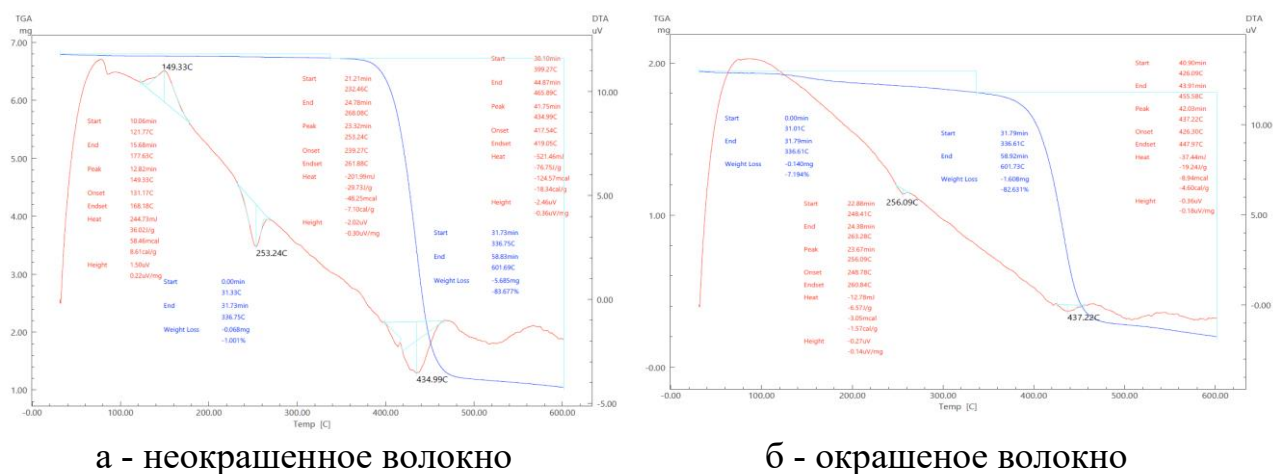
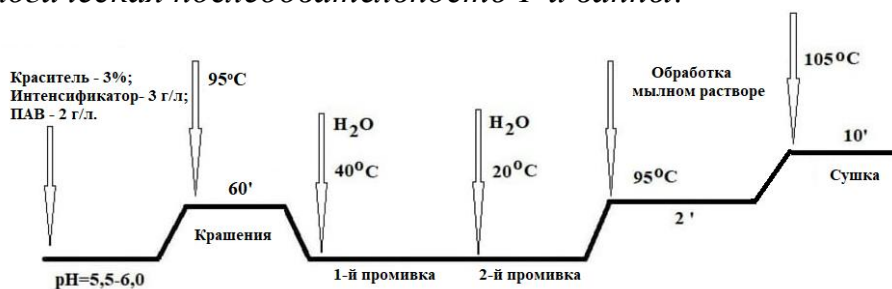


Рис. 9. Кривые ТГА и ДТА композиционных волокон ППЭТ:ВПЭТ состава 70:30

Термическая стабильность (2-3°C) композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ состава 70:30, окрашенного дисперсным красителем, по сравнению с неокрашенным волокном подтверждается увеличением степени кристаллизации в результате размещения молекул красителя в его кристаллической решетке. В исследованиях процесс антистатической отделки ПЭТ-волокна проводился одно- и двухваннным способом. При двухваннном методе с концентрацией триамона 5% удельное поверхностное электрическое сопротивление волокна ППЭТ снизилось с $2,8 \cdot 10^{10}$ Ом до $2,6 \cdot 10^6$ Ом. Предложен состав и технология крашения и антистатической отделки волокна ППЭТ двухваннным способом (рис. 10).

Технологическая последовательность 1-й ванны:



Технологическая последовательность 2-й ванны:

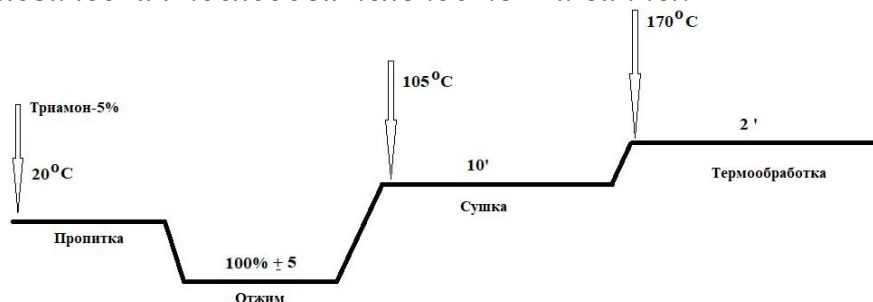


Рис. 10. Технологическая последовательность окрашивания и антистатической отделки волокна ППЭТ двухваннным способом

В разделе 3.7 диссертации изучен процесс окрашивания пряжи и трикотажных полотен глади из смеси штапельных волокон ППЭТ и ВПЭТ 70:30. Физико-механические показатели композиционной пряжи 70:30 приведены в таблице 10.

Анализ физико-механических показателей пряжи показал, что композиционная пряжа, выработанная в лабораторных условиях, имеет линейную плотность на 41%, разрывную нагрузку на 9,6% больше, а удлинение при разрыве на 10% меньше, чем пряжа ППЭТ, выработанная на предприятии.

Таблица 10

Физико-механические показатели неокрашенной ПЭТ пряжи

Характеристические показатели пряжи	Единицы измерения	ГОСТ 23432-89	ППЭТ	ППЭТ:ВПЭТ 70:30
Линейная плотность	tex	15-60	42	59,4
Разрывная нагрузка	cN/tex	10-30	12,3	13,49
Разрывное удлинение	%	10-35	12,9	11,67
Число витков	крут/метр	200-600	300	362

Процесс крашения ПЭТ-пряжи изучен при различных температурах (70–95°C) и продолжительности (30–60 мин). Установлено, что интенсивность окраски композиционной пряжи состава ППЭТ:ВПЭТ 70:30 на 14,3% выше по сравнению с ППЭТ-пряжей, что можно объяснить расширением аморфной фазы в надмолекулярной структуре волокна под действием повышенной температуры и разрыхлителя, а также сорбцией большего количества красителя вследствие градиента концентрации (рис. 11).

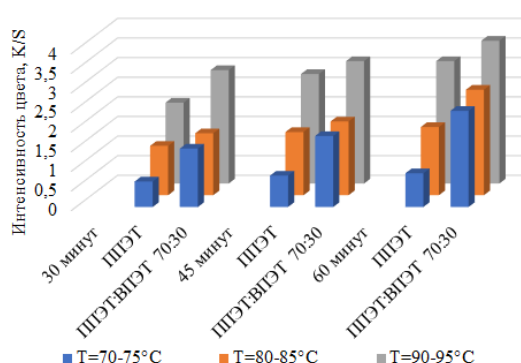


Рис. 11. Влияние температуры раствора красителя и времени крашения на интенсивность окраски пряжи

При крашении композиционной пряжи 70:30 при температуре 70-75°C в течение 30 минут интенсивность составила $K/S=1,49$, при увеличении продолжительности до 60 минут интенсивность цвета увеличилась на 64,4%. При крашении при 80-85°C в течение 30 минут $K/S=1,58$, при увеличении продолжительности до 60 минут интенсивность окраски увеличилась на 70,2%. При крашении при температуре кипения (90-95°C) в течение 30 минут

интенсивность составила $K/S=2,89$, при увеличении продолжительности до 60 минут интенсивность цвета увеличилась на 26%. Значения интенсивности окраски ППЭТ-пряжи при температуре крашения 90–95°C в течение 60 минут совпадают со значениями интенсивности окраски композиционной пряжи при температуре крашения 80–85°C в течение 45 минут.

Таблица 11

Физико-механические показатели окрашенной ПЭТ пряжи

Характеристические показатели пряжи	Единица измерения	ГОСТ 23432-89	ППЭТ	ППЭТ:ВПЭТ 70:30
Линейная плотность	tex	15-60	42	57
Разрывная нагрузка	cN/tex	10-30	11,6	13,6
Разрывное удлинение	%	10-35	12,9	17,4
Число витков	виток/метр	150-600	389	535

**Примечание: для неокрашенной пряжи - линейная плотность - ППЭТ - 42 текс, ППЭТ:ВПЭТ 70:30 - 59,4 текс; разрывная нагрузка - ППЭТ - 12,3 cN/tex, ППЭТ:ВПЭТ 70:30 - 13,49 cN/tex; удлинение при разрыве - ППЭТ - 12,9%, ППЭТ:ВПЭТ 70:30 - 11,67%; число кручений - ППЭТ - 300 кручений/метр, ППЭТ:ВПЭТ 70:30 - 362 кручений/метр.*

Анализ физико-механических показателей окрашенной пряжи показал, что по сравнению с образцами исходной неокрашенной пряжи линейная плотность пряжи ППЭТ и удлинение при разрыве не изменились, разрывная нагрузка увеличилась на 11,2%, а число кручений увеличилось на 23%, линейная плотность композиционной пряжи 70:30 снизилась на 4,2%, разрывная нагрузка увеличилась на 0,8%, удлинение при разрыве увеличилось на 33%, а число кручений - на 32,3%.

Для получения светлых цветов в композиционной пряже ППЭТ:ВПЭТ 70:30 процесс окрашивания рекомендуется проводить при температуре 70-75°C в течение 45 минут, а для получения темных цветов - при температуре 90-95°C в течение 30 минут (рис. 12).

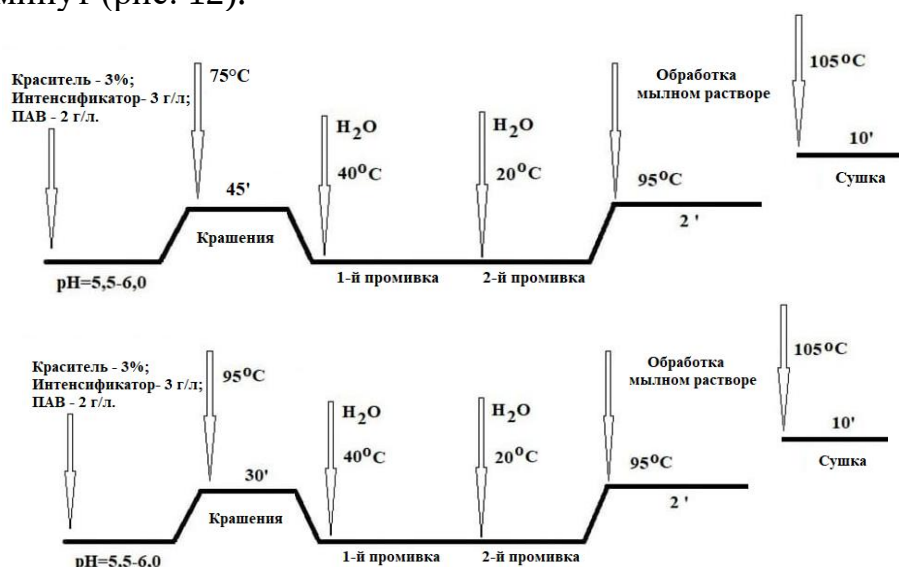


Рис. 12. Режим окрашивания композиционной пряжи ППЭТ:ВПЭТ 70:30.
а - для светлых цветов; б - для темных цветов.

Из суровой пряжи на плосковязальной двухфонтурной машине LXA-252 был изготовлен гладкое трикотажное полотно поверхностной плотностью 70 г/м². Физико-механические показатели полученных трикотажных полотен приведены в таблице 12.

Анализ физико-механических показателей вязаных трикотажных полотен показал, что прочность на разрыв в композиционном трикотаже на 16,3% выше, чем в трикотаже ППЭТ, удлинение при разрыве выше на 39,6%, удельное электрическое сопротивление - в 1,75 раза, воздухопроницаемость - на 2,3% ниже.

Таблица 12

Физико-механические показатели неокрашенных трикотажных полотен

Характеристические показатели ткани	Единица измерения	ГОСТ 28554-90	ППЭТ	ППЭТ:ВПЭТ 70:30
Разрывная нагрузка	сН	300-500	382,7	445,1
Разрывное удлинение	мм	60-150	104,85	146,40
Удельное электрическое сопротивление	Ом	10 ⁷ -10 ⁹	1,6·10 ⁸	2,8·10 ⁸
Воздухопроницаемость	см ³ /см ² с	100-200	182,7	178,4

При крашении сурового гладкого трикотажного полотна, изготовленного из ППЭТ- и композиционной пряжи состава 70:30, дисперсным красителем использован состав и технология, рекомендованные в разделе 3.3 диссертации для крашения композиционного волокна ППЭТ:ВПЭТ 70:30. Анализ значений интенсивности окраски ПЭТ-трикотажа, окрашенного при различных температурах и продолжительности, показал, что при увеличении температуры процесса на каждые 10–15°C и продолжительности на 15 минут интенсивность окраски возрастает (рис. 13).

Для ППЭТ-трикотажа, окрашенного при температуре 70–75°C в течение 30 минут, интенсивность окраски составляет K/S=1,47; при увеличении продолжительности крашения до 45 и 60 минут интенсивность окраски возрастает на 3,4% и 7,8% соответственно. При температуре 80–85°C и продолжительности 30 минут интенсивность окраски трикотажа составляет K/S = 2,03, при этом её увеличение при 45 и 60 мин составляет соответственно 60,9% и 6,7%, а при температуре 90–95°C — 4,7% и 5,2% соответственно. Для композиционного трикотажа, окрашенного в аналогичных условиях, прирост интенсивности окраски составляет соответственно: при 70–75°C — 2,5% и 18,9%, при 80–85°C — 38,1% и 1,1%, при 90–95°C — 0,97% и 9,2%. Одинаковая интенсивность окраски ППЭТ- и композиционного трикотажа наблюдается при температуре 80–85°C и продолжительности 30 минут.

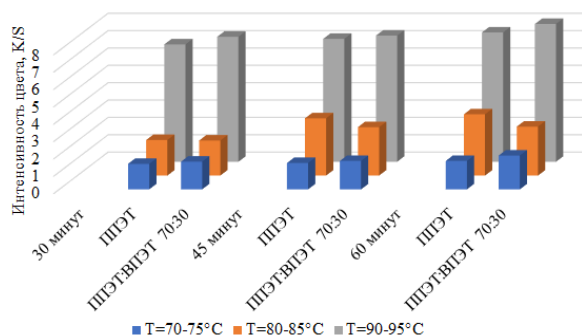


Рис. 13. Зависимость интенсивности окраски трикотажного полотна от температуры и продолжительности крашения

При проведении процесса окрашивания при температуре 90-95°C в течение 30 минут интенсивность цвета в композиционном трикотаже увеличилась в 4,5 раза по сравнению с трикотажем ППЭТ.

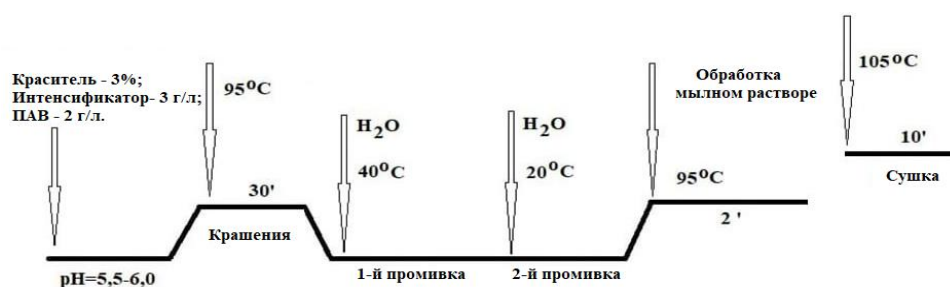


Рис. 14. Технологическая последовательность крашения композиционного трикотажа ППЭТ:ВПЭТ 70:30

Экономия энергоресурсов (снижение температуры крашения на 30-45%, продолжительности крашения на 25-50%) при крашении композиционной пряжи, содержащей 30% вторичного ПЭТ (для светлых цветов 45 минут при 70-75°C, для темных цветов 30 минут при 90-95°C) и трикотажного гладкого полотна (30 минут при 90-95°C) служит для выполнения задач, поставленных в программе «Зеленая экономика», и устранения глобальных экологических проблем.

Исследование процесса крашения ПЭТ волокон проведено с помощью математического полнофакторного планирования эксперимента. Изучено влияние входящих факторов (x_1 —концентрация красителя, %; x_2 —температура процесса крашения, °C; x_3 —продолжительность процесса крашения, мин.) на выходной параметр оптимизации (y_1 —интенсивность цвета) и получено уравнение регрессии после проверки его коэффициентов на значимость сравнением с доверительным интервалом:

$$y=25,0575+2,0025x_1+0,4525x_3-2,0625x_1x_3+1,2950x_2x_3$$

Адекватность модели проверена сравнением критерием Стьюдента. Анализ уравнения регрессии показывает, что x_1 (концентрация) и x_3 (время) являются позитивными (со знаком «плюс») факторами, где степень влияния x_1 (время) намного выше x_3 ($b_1 > b_3$). Их совместное влияние (x_1x_3), также сильно влияет на параметр оптимизации. Основываясь на экспериментальном

исследовании и анализе математической модели, рациональным режимом обработки является: концентрация – 4%, температура – 70°C, время – 30 минут.

В результате совершенствования состава и режима крашения за счёт снижения расхода красителей, сокращения продолжительности технологического процесса и рабочего времени годовой экономический эффект при окрашивании 100 кг готовой продукции составляет 343176 сум, или 3431760 сум на 1 тонну готовой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ литературных источников показывает, что спрос на полиэфирные волокна и нити до сих пор не потерял своего значения. Показано возможность получения волокон с высокими сорбционными свойствами, пористостью и низкой плотностью за счет полной или частичной релоксации в процессах ориентирования и вытяжки, эффективно используя методы физической и химической модификации.

2. Разработана технология окрашивания волокон, сформованных сухим способом из гранул вторичного полиэтилентерефталата. Преобладание аморфной области в надмолекулярной структуре волокон ВПЭТ и ПВПЭТ по сравнению с волокном ППЭТ подтверждается высокими сорбционными свойствами.

3. Определены рациональный состав и технологические параметры процесса окрашивания композиционного волокна, сформованного из смеси первичных и вторичных гранул полиэтилентерефталата. Показано, что в процессе крашения при температуре 70-75°C в течение $\tau=30$ минут интенсивность окраски композиционного волокна 70:30 на 22% превышает интенсивность окраски ППЭТ волокна и на 1 балл повышается прочность к мыльной обработки.

4. На основе ИК-спектроскопии, рентгенографии и дифференциально-термического анализа подтверждено, что краситель связывается с волокном водородными и гидрофобными связями.

5. Исследованы физико-механические свойства текстильных материалов (пряжи, ткани) на основе первичных и вторичных полиэтилентерефталатных волокон и разработана технология крашения. При крашении композиционной пряжи, содержащей 30% вторичного ПЭТ (45 минут при 70-75°C для светлых тонов, 30 минут при 90-95°C для темных тонов) и трикотажной глади (30 минут при 90-95°C) достигнуто снижение температуры процесса на 30-45%, продолжительности на 25-50%.

6. Показано, что двухванный способ крашения-антистатической отделки позволяет получить яркий и прочный цвет на ПЭТ волокне и снизить удельное поверхностное электрическое сопротивление в $1,08 \cdot 10^4$ раза. На основе экспериментальных результатов установлено, что на первом этапе двухванной отделки волокон, полученных на основе гранул полиэтилентерефталата, краситель встраивается в структуру волокна с образованием интенсивных и устойчивых к водной обработке окрасок, а на втором этапе катионо-активный

препарат - триамон связывается с функциональными группами волокна и снижает удельное поверхностное электрическое сопротивление.

7. Годовой экономический эффект от предлагаемого состава и модернизированного режима крашения ПЭТ-волокна составляет 343176 сум на 100 кг и 3431760 сум на 1 тонны готовой продукции за счет снижения расхода красителей, сокращения технологического процесса и снижения продолжительности работы.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/2025.27.12.T.21.01 ON THE AWARDING OF
ACADEMIC DEGREES AT TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND
LIGHT INDUSTRY**

TOSHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

SHAMANOV SHAVKAT KHOLMUROTOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR DYEING PRIMARY AND
SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FIBER**

**05.06.02 – Technology of textile materials and primary processing of raw
materials**

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

Tashkent – 2026

The theme of doctor of philosophy (PhD) of technical sciences dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4709.

The dissertation work was done at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (www.ttyesi.uz) and on the information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Khasanova Saodat Khaitovna

candidate of technical sciences,
associate professor

Official opponents:

Khankhadjaeva Nilufar Rakhimovna

doctor of technical sciences, professor

Ismailov Ravshan Isroilovich

doctor of chemical sciences, professor

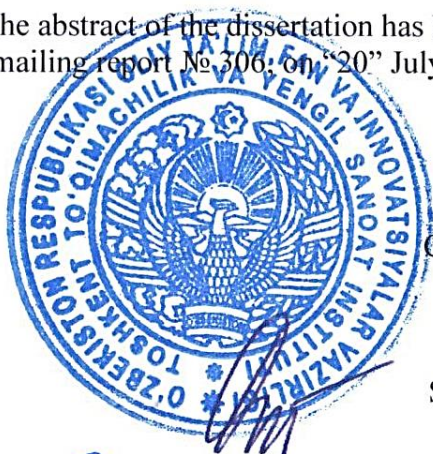
Leading organization

Tashkent institute of chemical technology

The defense of the dissertation will be held on 27th August 2026 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.03/2025.27.12.T.21.01. on award of scientific degrees at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Address: 100100, Tashkent, Yakkasaray district, Shokhzhakhon street, house 5. Administrative building of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, 2nd floor, 222 audience, tel.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, fax: (+99871) 253-36-17, e-mail: titlp_info@edu.uz).

The Doctoral dissertation can be reviewed at the Information-resource center of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (registration number 306). Address: 100100, Tashkent city, Yakkasaray district, Shokhzhakhon street, house 5. Tel.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

The abstract of the dissertation has been sent out on "20" July 2026 year.
(mailing report № 306; on "20" July 2026 year).



Kh.Kh.Kamilova

Chairman of the Scientific Council for awarding scientific
degrees, doctor of technical sciences, professor

A.Z.Mamatov

Scientific secretary of the Scientific Council for awarding
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

Sh.Sh.Khakimov

Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council for
awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop a dyeing technology for fibers obtained from primary and secondary polyethylene terephthalate.

The object of research work are primary and secondary polyethylene terephthalate granules and textile materials obtained on their basis (fiber, yarn, fabric).

The scientific novelty of the research work:

based on the analysis of the sorption properties of polyethylene terephthalate fibers, it has been established that their highly developed supramolecular structure ensures the formation of intense and durable colors;

the increase in the degree of crystallinity and crystallite size of dyed polyethylene terephthalate fibers is associated with the incorporation of dye particles into the crystalline cell of the fiber, which has been confirmed by IR spectroscopy, X-ray structural analysis, and differential thermal analysis;

during dyeing with antistatic finishing, the binding of triammonium with the functional groups of the fiber made it possible to reduce the specific surface electrical resistance by 1.08×10^4 ;

the dependence of the coloristic properties of textile materials (yarn, fabric) based on primary and secondary polyethylene terephthalate fibers on the ratio of yarn components has been established.

Implementation of the research results. Based on the results obtained on the technologies of dyeing fibers made from primary and secondary polyethylene terephthalate and providing them with antistatic finishing:

the technology for dyeing fibers obtained from primary and secondary polyethylene terephthalate granules was tested under laboratory conditions at the enterprise “TASHTIB-TEX” LLC (reference of the “Uztextile Industry” Association No. 03/25-2674 dated October 8, 2024). As a result, during the dyeing process of newly formed composite fibers in mass with a masterbatch and in solution with a disperse dye at temperatures close to the glass transition temperature of the fiber and with processing time reduced by half compared to conventional duration, fibers with high color intensity were obtained;

the technology for dyeing fibers obtained from primary and secondary polyethylene terephthalate granules and providing them with antistatic finishing was tested in the chemical laboratory of “UNITEX Company” LLC (reference of the “Uztextile Industry” Association No. 03/25-2674 dated October 8, 2024). As a result, the specific surface electrical resistance of the newly formed composite fiber was reduced from $2.8 \times 10^{10} \Omega$ to $2.6 \times 10^6 \Omega$.

The outline of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, 3 chapters, a conclusion, a list of references (xx titles), and appendices. The total volume of the dissertation is 105 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I– bo'lim (I часть, I part)

1. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х. Полиэтилентерефталат гранулалари суюлтимасидан шакллантирилган толани бўйш имкониятларини тадқиқ қилиш // Ўзбекистон тўқимачилик журнали 2-сон 2021 йил. ISSN 2010-6262. 90-97 б. <https://ttsi.uz/storage/uploads/docs/VogH3sfu45SeYCaa4zgh91qZBSgmIzpZu5yaAhs.pdf> (05.00.00; №17).

2. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Изучение возможности формирования и колорирования волокон из местных полиэтилентерефталатных гранул // ВЕСТНИК Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 1/2020 с. 124-126. http://journal.prouniver.ru/uploads/vestnik/content/S1/Content_S1%20N1%202020.pdf (05.00.00; №36).

3. Султанова Н.С., Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х. Получение ПЭТ-волокна из смеси гранул // Innovative Development in Educational Activities. ISSN: 2181-3523. Volume 1. ISSUE 3. page 71-78. <https://openidea.uz/index.php/idea/article/view/11> (05.00.00; IF 4.654).

4. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Формование и крашение синтетического волокна // Universum: технические науки: научный журнал. № 9(114). Часть 4., М., Изд. «МЦНО», 2023. ISSN:2311-5122. DOI:10.32743/UniTech.2023.114.9.- С. 10-13. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15972> (02.00.00; №1).

5. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Полиэтилентерефталат асосида олинган толалар физикавий хоссаларини таҳлил қилиш // Ўзбекистон тўқимачилик журнали 3-сон 2024 йил. ISSN 2010-6262. 112-120 б. <https://ttsi.uz/storage/uploads/docs/cLlubMCWUPHxTEVZXgFrw9IAW6QT7ctCqA0VG6lb.pdf> (05.00.00; №17).

6. Холмуродов Ш.Ф., Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х. Полиэтилентерефталат толаларига антистатик пардоз бериш // Ilm-Fan xabarnomasi. Volume 12, issue 1, Fevral 2026. ISSN: 3030-3931. <https://worldlyjournals.com/index.php/Yangiizlanuvchi/article/view/25247> (05.00.00; IF 8,841).

7. Patent FAP 01926. Paxta va poliefir tolalari aralashmasidan iborat bo'lgan matolarni bo'yash uchun tarkib // Shamanov Sh.X., Irmatova M.B., Nabiyeva I.A., Xasanova S.X., 25.04.2022 y.

II – bo'lim (II часть, II part)

8. Shamanov Sh.Kh., Khasanova S.Kh., Kholmurodov Sh.F. Studying the possibilities of synthetic fining and antistatic costs // ACADEMICA: An International Multidisciplinary Research Journal. ISSN: 2249-7137 Vol.11, Issue 11, November 2021. DOI:10.5958/2249-7137.2021.02531.3. page 880-884. (05.00.00; IF 7.492). <https://saarj.com/wp->

content/uploads/paper/ACADEMICIA/2021/ABSTRACT/ACADEMICIA-NOVEMBER-2021/11.151%2C%20Shamanov%20Sh.Kh.pdf

9. Shamanov Sh.Kh., Khasanova S.Kh. Production of Fiber From Recycled Pet (Polyethylene Terephthalate) Waste // Gongcheng Kexue Yu Jishu/Advanced Engineering Science. Volume - 54, Issue – 02 Journal ID: AES-09-12-2022-528. <http://advancedengineeringscience.com/article/528.html>

10. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х., Набиева И.А. Изучение процесса крашения полиэфирного волокна // Вестник науки и образования научно-методический журнал. №12 (48) 2018 с. 23-25. <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-protsessa-krasheniya-poliefirnogo-voлокna/viewer>

11. Султанова Н.С., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Модификации синтетического волокна поливиниловым спиртом // “Involta” Innovation Scientific Journal. Vol. 2 No.5 May (2023). Page 111-114. ISSN 2181-2632. <https://involta.uz/index.php/iv/article/view/562>

12. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х., Рўзиев М.С. Полиэфир толаси сорбцион хоссаларини ўрганиш // “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва Энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжумани. Андижон-2018. 312-314 б. <https://api.ziyouet.uz/uploads/books/1161513/5d63b71486a9a.pdf?u6hNa3s-NBE97rDwap1MZ>

13. Рўзиев М.С., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Полиэтилентерефталат асосида тола олиш жараёнини ўрганиш // “Пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш техника-технологияларни модернизациялаш шароитида иқтидорли ёшларнинг инновацион ғоялари ва ишланмалари” Республика илмий – амалий анжумани мақолалар тўплами. Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти, 2018 йил 12-13 декабрь. 136-137 б.

14. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Изучение возможности формования и колорирования полиэтилентерефталатного волокна // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием “Современные достижения химической технологии в производстве текстиля, синтеза и применения химических продуктов и красителей”. с. 84. 2019 г. https://publish.sutd.ru/docs/content/st_chemtech_2019.pdf

15. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х., Набиева И.А. Полиэтилентерефталатдан шакллантирилган толани эритмада бўйш жараёнини ўрганиш // Республиканская научно-техническая конференция “Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокпозиционные материалы” Ташкент-2019. Стр. 370-371.

16. Исомиддинова З., Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х. Полиэфир тола олиш жараёнини тадқиқ қилиш // “Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими” мавзусидаги Республика илмий – амалий конференцияси мақолалар тўплами. Тошкент-2019. 258-259 б. https://www.researchgate.net/profile/Sharofiddin-Allaberdiev/publication/337708223_Collection_of_scientific-

[practical dedicated conference articles Uzbekistan pages of 444-447 are belong to me/links/5de6576d299bf10bc33b7a58/Collection-of-scientific-practical-dedicated-conference-articles-Uzbekistan-pages-of-444-447-are-belong-to-me.pdf](https://www.researchgate.net/publication/336892327_UzTTITI_2019/links/5de6576d299bf10bc33b7a58/Collection-of-scientific-practical-dedicated-conference-articles-Uzbekistan-pages-of-444-447-are-belong-to-me.pdf)

17. Назарова Ш.О., Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х. Мавжуд полиэтилентерефталат гранулалари суюлтмасидан тола шакллантириш жараёнини ўрганиш // Республиканская конференция “Современные проблемы науки о полимерах” Ташкент-2019. Стр. 151.

18. Назарова Ш.О., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х., Набиева И.А. Устмолекуляр курилма тузилишини тола киришувчанлигига таъсири // Тўқимачилик матоларини пардозлаш ва қоғоз саноати ишлаб чиқаришдаги инновацион технологиялар халқаро илмий-амалий семинар. ТТЕСИ-2019. 61-63 б.

19. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Маҳаллий шароитда ПЭТ тола шакллантириш имкониятларини ўрганиш // “Тўқимачилик ипларини чуқур қайта ишлашнинг инновацион ечимлари” республика миқёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами. ЎзТТИТИ-2019. 257-259 б. https://www.researchgate.net/profile/Erkinovj-Mirzaeva/publication/336892327_UzTTITI_2019/links/5db971b2a6fdcc2128ec8510/UzTTITI-2019.pdf

20. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Исследование сорбционных свойств синтетического волокна // Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова (10 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020.- с. 95-97. <https://nic.vstu.by/wp-content/uploads/2020/04/110-years-to-Professor-Sevostyanov-2.pdf>

21. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Тола шакллантиришда иккиламчи ресурслардан самарали фойдаланиш // Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари. // Халқаро илмий-техник on-line анжуман илмий ишлар тўплами. Тошкент. ТошДТУ, 2020.- 470. 87-89 б. https://www.researchgate.net/profile/Astghik-Sukiasyan2/publication/350605003_RECOMMENDATIONS_FOR_IMPROVING_ENVIRONMENTAL_POLLUTION_AND_ECOLOGICAL_CONDITION-Problems-and-prospects-of-innovative-technology-and-technologies-in-the-field-of-environmental-protection-ECO-Conference/links/60685628299bf1252e24e2c7/RECOMMENDATIONS-FOR-IMPROVING-ENVIRONMENTAL-POLLUTION-AND-ECOLOGICAL-CONDITION-Problems-and-prospects-of-innovative-technology-and-technologies-in-the-field-of-environmental-protection-ECO-Conference.pdf

22. Хасанова С.Х., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Полиэтилентерефталатни эритмада бўйаш // “Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими” Республика илмий – амалий онлайн тезислар тўплами. Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат

институту, 2020 йил. 340-343 б.

23. Хасанова С.Х., Султонова Н.С., Шаманов Ш.Х., Набиева И.А. Синтетик толани бўйаш ва антистатик пардоз бериш имкониятларини ўрганиш // “Илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш бўйича давлат бошқаруви тизими такомиллаштирилиши–давр талаби” IV-халқаро конференция-симпозиум. Тошкент-2020. 148-151 б.

24. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Маҳаллий шароитда олинган ПЭТ толасига антистатик хосса бериш имкониятларини ўрганиш // “Тенденции развития текстильной промышленности: проблемы и пути решения” 1-Международная научно-практическая конференция. Термиз-2021. Стр. 487-490.

25. Khasanova S.Kh., Shamanov Sh.Kh. Study of sorption properties of PET fiber // International Consortium on Academic Trends of Education and Science. Scholastico–2021. ISBN: 978-1-913482-69-5. Page 118-120. <https://papers.euroasiaconference.com/index.php/eac/article/view/309>

26. Султонова Н.С., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Волокно из смеси первичного и вторичного полиэтилентерефталата // INNOVATIVE RESEARCH IN SCIENCE. International scientific-online conference. 2022. [Doi.org/10.5281/zenodo.6652226](https://doi.org/10.5281/zenodo.6652226) . page 98-100.

27. Муминходжаев М., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Формование и крашение волокна из гранул полиэтилентерефталата // “Соҳа корхоналари учун юқори малакали кадрлар тайёрлашда миллий ва хорижий тажрибалар” мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман - 2022 йил. 109-111 б.

28. Олимова М., Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Синтетическое волокно из переработанного полиэтилентерефталата // “Соҳа корхоналари учун юқори малакали кадрлар Тайёрлашда дуал таълимнинг ўрни ҳамда фан, таълим, Ишлаб чиқариш кластерларини ривожлантиришда Инновацион ёндашувлар” мавзусига бағишланган Халқаро илмий-амалий анжуман. 28-ноябрь, 2023. 505-506 б.

29. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. Иккиламчи полиэтилентерефталат асосида тола олиш // Сборник научных трудов Республиканского научно-практического конференции посвященного к 80- летию д.х.н., проф. Ф.А. Магруппова «Перспективы создания термореактивных олигомеров, утилизации полимерных отходов, полифункциональных соединений и полимерных материалов на их основе». 2024 г. 18-19 январь. ISBN 978-9943-9543-9-7. -С. 360-363.

30. Muminkhodjaev M.B., Shamanov Sh.Kh., Kh. Khasanova S.Kh. Production and coloring of composite fibers from polyethylene terephthalate // The 1st International scientific and practical conference “Science in the modern world: innovations and challenges” (September 27-29, 2024) Perfect Publishing, Toronto, Canada. 2024. ISBN 978-1-4879-3790-4. Page 128-130. https://www.academia.edu/130273756/The_1st_International_scientific_and_practical_conference_Science_in_the_modern_world_innovations_and_challenges_September_27_29_2024_Perfect_Publishing_Toronto_Canada_2024_560_p

Aftoreferat “O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali” ilmiy-texnikaviy jurnali taxririya-tida
tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi
(14.05.2026 y.)

Bosishga ruxsat etildi: 10.07.2026 yil.
Bichimi 60x84 1/16, «Times New Roman»
Garniturada, raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,25. Adadi 60. Buyurtma №38.
TTESI bosmaxonasida chop etildi.
100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Shohjaxon ko‘chasi, 5-uy.

