

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

TURAYEV FAZLIDDIN MUXITDINOVICH

**ETILEN (SO)POLIMERIDAN FOYDALANIB BOSMA MAHSULOTLARINI
LAMINATSIYALASH JARAYONI PARAMETRLARINI ASOSLASH**

**05.02.03 – Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika
tizimlari (texnika fanlari) ixtisosligi**

**Texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим
наукам

Contents of dissertation for doctor of philosophy (PhD) on Techniical Science

Turayev Fazliddin Muxitdinovich

Etilen (so)polimeridan foydalanib bosma mahsulotlarni laminatsiyalash
jarayoni parametrlarini asoslash.....3

Тураев Фазлиддин Мухитдинович

Обоснование параметров процесса ламинирования печатной продукции
при использовании (со)полимера этилена23

Turayev Fazliddin Muxitdinovich

Justification of Lamination Process Parameters for Printed Products Using
Ethylene (Co)polymers43

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....46

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

TURAYEV FAZLIDDIN MUXITDINOVICH

**ETILEN (SO)POLIMERIDAN FOYDALANIB BOSMA MAHSULOTLARINI
LAMINATSIYALASH JARAYONI PARAMETRLARINI ASOSLASH**

**05.02.03 – Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika
tizimlari (texnika fanlari) ixtisosligi**

**Texnika fanlari 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 B2025.2.PhD/T5667 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Rafikov Adham Salimovich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Baxadirov G'ayrat Ataxanovich
texnika fanlari doktori, professor

Aliyeva Nargiza Baxtixoziyevna
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Buxoro Davlat texnika universiteti

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 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100100, Toshkent, Shoxjahon ko'chasi, 5. Tel: (+99871) 253-06-06; faks: (+99871) 253-36-17; 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. (307-raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100100, Yakkasaroy tumani, Shoxjahon ko'chasi, 5. Tel: (+9987) 253-08-08.

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil 5 avgust kuni tarqatildi.
(2026 yil 5- avgustdagi 307-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 matbaa mahsulotlarini ishlab chiqarish va pardoqlash sohasida laminatsion polimer plyonkalardan foydalanish yetakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida 2022-2029 yy davrning statistik ma’lumotlariga ko‘ra laminatsion plyonkalarining ishlab chiqarilishi yillik 19% suratda o‘tib borishi prognoz qilinmoqda. 2029-yilga kelib jahon miqyosida 16 270.5 mln AQSh dollari qiymati mahsulot ishlab chiqarilishi prognozlashtirilayotganini hisobga olsak, nashriyot va qadoqlash sanoatini rivojlantirish, laminatsion polimer plyonkalarni ishlab chiqarishni tashkil qilish va bunday materiallar uchun turli qog‘ozlarda laminatsiyalash texnologiyasini takomillashtirishni taqozo etadi. Shu jihatdan nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash uchun tegishli texnologik jarayonlar talablariga javob beruvchi etilen (so)polimeri asosidagi polimer plyonkalarni olish va laminatsiyalash jarayonlarini rivojlantirish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda mavjud texnologiyalar bo‘yicha nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash uchun yangi polimer materiallar hamda yelim turlarini ishlab chiqish va xususiyatlarini takomillashtirishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, laminatsiyalash jarayonida foydalanish uchun turli polimer plyonkalar va yelimlarning laminatsiyalash sifatiga ta’sirini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Bu borada mahalliy sharoitda polimer materiallar va yelimlar asosida laminatsion plyonkalarni ishlab chiqarish, keng assortiment materiallarni mahalliy lashtirish, raqobatbardoshlikni ta’minlash, energiya va resurstejamkor texnologiyalarni yaratish, laminatsiyalash jarayoni parametrlarini aniqlashga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikamizda nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini ishlab chiqarishda laminatsiyalash jarayonini keng qo‘llash, mahalliy sharoitda laminatsion polimer materiallarini ishlab chiqarish va shu asosida ularni import o‘rnini bosuvchi mahsulot sifatida qo‘llash yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022 – 2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan, “...milliy iqtisodiyot barqarorligini ta’minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish”¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, etilen (so)polimeri va yelimlarining xossalariidan kelib chiqqan holda laminatsiyalash sifatini ta’minlash muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-senabrdagi PF-158-son “O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni va 2020-yil 16-martdagi PQ-4640-son “Noshirlik va matbaa sohasini yanada rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022 yildagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi Farmoni.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining II. “Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Turli polimer materiallar va yelimlar asosida laminatsion materiallar yaratish, ularni nusxalarning rang parametrlariga ta’sirini tadqiq etish bo‘yicha xorijda A.S. Smolin, W. Charinee, A. Ajcharaporn, I. Jintapatee, P. Boonsita, D. Witchuda, M. Furuse, S. Fuchino, D. Gregor-Svetec, N. Peelman, P. Ragaert, B. De Meulenaer, J. Langley, N. Turner, A. Yoxall, B. Laycock, M. Nikolic, J.M. Colwell, E. Kibirkštis, V. Mayik, R. Zatserkovna, K. Vaitasius, A. Stepanenko kabi olimlar ilmiy izlanishlar olib borganlar. Polimer yelimlar sohasidagi tadqiqotlar W. Li, L. Bouzidi, S.S. Narine, M.A. Moyano, R. Paris, J.M. Martin-Martinez, C.W. Paul, X. Peng, X. Liu, Y. Huang, L. Sang va boshqalar tomonidan o‘tkazilgan.

O‘zbekistonda laminatsion va boshqa turdagi polimer plyonkalar, ularda chop etish va sanoatda qo‘llash bilan bog‘liq ilmiy ishlar M.A. Askarov, S.Sh. Rashidova, U.N. Musayev, T.M. Babayev, F.A. Magrupov, S.R. Kamalova, X.A. Babaxanova kabi olimlar va ularning ishlari bilan bog‘liqdir.

Mazkur tadqiqotlar natijasida turli polimer materiallarning xossalari, ulardan nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalashda foydalanish imkoniyatlarini o‘rganish bo‘yicha muayyan darajada ijobiy natijalarga erishilgan holda qo‘llanilib kelinayotgan bo‘lsada, etilen (so)polimeri asosidagi polimer material va yelimidan foydalangan holda laminatsion plyonkalarining turli qog‘ozlar bilan ta’sirlashuvi va himoya xossalari masalalariga bag‘ishlangan tadqiqotlar yetarlicha o‘tkazilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq “Maya Plast” MChJ korxonasi bilan hamkorlikda tuzilgan xo‘jalik shartnomasi loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi etilen (so)polimeri asosidagi plyonka va yelimlar bilan nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash jarayoni parametrlarini asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash uchun turli mahalliy polimer va yelimlovchi materialardan foydalanib sifatni oshirish bo‘yicha imkoniyatlarni ochib berish;

laminatsiyalash uchun etilen (so)polimeri asosidagi polimer materiallardan foydalanishda laminatning fizik-mexanik va nusxaning kolorimetrik xossalarini ta’minlovchi parametrlarni asoslash;

laminatsiyalash jarayonida etilen-vinilatsetat sopolimeri (EVA) yelimidan foydalanib adgezion mustahkamlikni oshirish parametrlarni asoslash;

tajribani matematik modellash tirishda kichik kvadratlar usuli bilan laminatsiyalash sifatini ta’minlovchi parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash;

tadqiq qilingan laminatsiyalash materialaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

Tadqiqot obyekti sifatida mahalliy sharoitda olingan etilen (so)polimeri asosidagi laminatsion plyonka va EVA yelimi namunalari, ulardan foydalangan holda tayyorlangan laminatsiyalangan nusxalar olingan.

Tadqiqotning predmeti mahalliy sharoitda olingan etilen (so)polimeri asosidagi laminatsion plyonka va EVA yelimi namunalarining fizik-mexanik xossalari, laminatsiya jarayonining parametrlari hamda laminatsiyalangan nusxalarning sifat ko'rsatkichlari hisoblanadi.

Tadqiqot usullari. Dissertatsiyada zamonaviy lazer mikroskop tahlillari, IQ-spektroskopiya, densitometriya, spektrofotometriya, polimer materiallarning mexanik sinovlari va tajribalarni rejalashtirish bo'yicha matematik statistika usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini poliolefin plyonka bilan laminatsiyalash uchun mavjud polimer suyuqlanmalariga nisbatan qutbli va qutbsiz funksional guruhlariga ega bo'lgan etilen-vinilatset sopolimeri eritmasining kuchli adgeziv xususiyatni namoyon etishligi aniqlangan;

etilen vinilatsetat makromolekulasining etilen zvenolari poliolefin laminatsion plyonka bilan fizik-kimyoviy va termodinamik moyilligi tufayli, vinilatsetat zvenolari esa qogoz selyulozasi bilan fizik-kimyoviy va termodinamik moyilligi tufayli mahsulot qatlamlarini bog'lovchi vazifasini bajarishligi aniqlangan;

nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash uchun tarkib – temperatura – tezlik – vaqt omillarining ishlab chiqilgan o'zaro mutanosib bog'liqlik parametrlari nashriyot va qadoqlash mahsulotlarida bosma bo'yoqlarining laminatsiyalangan mahsulot bilan mustaxkam va barqaror bog'lanishini taminlashligi isbotlangan;

laminatning qatlamlararo morfologiyasi EVA yelimining ksilol-toluol aralashmasidagi eritmasini qog'oz yuzasi mikrostrukturasiga sorbsiyasi va diffuziyasi, polimer plyonkaning qisman eritishi natijasida adgeziv-kogeziv balansning funksional o'zgarishi isbotlagan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

etilen-vinilatsetat (EVA) sopolimeri yordamida laminatsiyalash jarayonining ratsional parametrlari, xususan, yuqori adgezion mustahkamlik va qoplama bir xilligini ta'minlaydigan harorat, bosim va yuritma tezligi aniqlangan;

laminat qatlamlari (qog'oz – polimer plyonka) o'rtasidagi yopishish mustahkamligining sopolimer tarkibidagi vinilatsetat miqdoriga qarab o'zgarishi aniqlangan;

kompozitsion materialning kolorimetrik, mexanik va termik xususiyatlarini (qatlam ajralishiga chidamlilik, issiqlikka bardoshlilik) aniqlashni o'z ichiga oladigan laminatsiyalangan nusxalarning sifati baholash usuli ishlab chiqilgan;

laminatsiyalash jarayonining texnologik parametrlariga (harorat, bosim, tezlik va yopishqoq qatlam tarkibi) qarab laminatning adgezion mustahkamligini bashorat qilish imkonini beradigan regression model ishlab chiqilgan;

matbaachilik korxonalari uchun EVA-sopolimerdan foydalanish orqali tayyor mahsulot sifatining oshishini va energiya sarfining kamayishini ta'minlaydigan laminatsiyalashning tavsiyaviy rejimlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, nazariy va tajribaviy tadqiqotlarning o'zaro bog'liqligi, aprobatiya va ishlab chiqarishga joriy etilgan natijalarining ijobiyliigi, ularning o'rganilgan fan sohasidagi ma'lumotlar bilan qiyosiy tahlil qilinganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati EVA sopolimeri eritmasining konsentratsiyasini va qovushqoqligini boshqarish orqali har qanday qog'oz yozasidagi mikrog'ovoklarda suyuqlanmayelimga nisbatan yuqori darajadagi sorbsiya va diffuziyasining ta'minlanganligi, polimer plyonka bilan EVA ning etilen guruhlarini, qog'oz bilan unung vinilatsetat guruhlarining molekulalararo ta'sirlashuvining aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yelimlovchi modda sifatida EVA sopolimeri eritmasidan foydalangan holda laminatsiyalashda adgezion mustahkamlikka erishilganligi va mustahkamlik parametrlarini asoslovchi matematik bog'lanish ishlab chiqilganligi, materiallarning fizik-mexanik, bosma-texnik xossalarini aniqlanganligi va laminatsiyalash jarayonida mahalliy xomashyodan foydalanish imkoniyatlarining kengaytirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Laminatsion polimer materiallarni olish, nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini ishlab chiqarishda qo'llash, jarayon parametrlarini asoslashga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar bo'yicha olingan natijalar asosida:

mahalliy sharoitda olingan polipropilen plyonka "MAYA PLAST" MChJ va "SHARQ" NMAK bosmaxonasida joriy qilingan ("Sharq" nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasining 2025-yil 5-noyabrdagi 2/21-146-sonli ma'lumotnomasi). Natijada nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalsh sifati yaxshilangan va mahalliyashtirish hisobiga materiallar tannarxini 29% ga arzonlashtirishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatiyasi. Tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 22 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola, Skopus xalqaro bazasiga kiruvchi jurnallarda 1 ta maqola chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 104 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi ilm-fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, ilmiy yangilik va amaliy natijalar

bayon etilgan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilmasi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalashning nazariy asoslari va texnologiyalari”** deb nomlangan birinchi bobida dissertatsiya mavzusiga oid nashr etilgan manbalar bo'yicha ilmiy tadqiqotlar o'rganilgan va tahlil natijalari keltirilgan. Etilen sopolimeri asosida polimerlar va PEVA yelimi qo'shib laminatlarni tayyorlash, ularning fizik-mexanik va bosma-texnik xususiyatlari haqida yetarli ma'lu-motlar keltirilmagan. Shu sababli matbaa-noshirlik sanoati uchun etilen (so)polimeri va PEVA yelimidan foydalanishning maqsadga muvofiqligini aniqlashga qaratilgan laminatsiyalash jarayoni parametrlari asoslashning dolzarbligi ko'rsatib berilgan.

Dissertatsiyaning **“Laminatsiyalash jarayonida sifat nazoratining ilmiy asoslari”** nomli ikkinchi bobida plyonka qoplashning nazariy asoslari, plyonka qoplashda qo'llanadigan materiallarga qo'yiladigan talablar, plyonka qoplash materiallari va chop etish sifatiga talablar, plyonka qoplangan mahsulotlarning sifatini nazorat qilish usullari, tayyor mahsulotlarning sifatiga ta'sir qiluvchi omillar keltirilgan. Laminatlar quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha baholanadi: plyonkaning nusxaga qoplanish mustahkamligi, tayyor mahsulotda buralishning mavjud emasligi, nusxa polimer qoplamining shaffofligi va rangsizligi, nusxada rang tavsifnomalarining saqlanishi va tashqi ko'rinishining boshqa xususiyatlarini o'zgarmasligi.

Tahlillar asosida laminatsiyalangan nusxalarga tegishli erishilishi zarur bo'lgan sifat talablari aniqlashtirilgan: bir adadga tegishli nusxalar bir xil o'lchamga ega bo'lishi kerak (ruxsat etilgan farqlanish ± 2 mm); tegishli uskunalar ishining texnologik o'ziga xosliklariga bog'liq holda chop etilgan varaqlarda aniq tomonlar xoshiyalari kamida 15 mm bo'lishi, qarama-qarshi tomonlar kamida 7 mm bo'lishi kerak; varaqlarning chekkalari g'ijim va buklanishlarga ega bo'lmasligi kerak; barcha nusxalar yaxshilab quritilgan va saralangan bo'lishi kerak.

Uchinchi bob – **“Laminatsiyalashda mahalliy materiallardan foydalanish va jarayon parametrlarini asoslash”** da tadqiqot natijalari muhokama qilingan. Yelim eritmasi yordamida qog'oz va kartonni polipropilen plyonka bilan laminatsiyalash yelim eritmasining olinishidan boshlandi. PEVA granulalari ustidan erituvchining hisoblangan miqdori quyildi, bo'kishi uchun bir sutkaga qoldirildi, keyin suv hammomida bir turdagi qovushqoq eritma hosil bo'lganga qadar biroz qizdirgan holatda intensiv tarzda aralashtirildi. PEVA ning konsentratsiyasi turlicha bo'lgan eritmalarni olish dastlabki eritmani suyultirish yo'li bilan amalga oshirildi. Polimetilmetakrilat (PMMA), polistirol (PS) va polixloropren (PXP) larning eritmalari ham shunga o'xshash tarzda tayyorlandi. Polietilmetakrilat (PEMA) va polibutilmetakrilat (PBMA) eritmalari esa monomerlarni polimerlantirish orqali tayyorlandi.

Qog'ozni laminatsiyalash. Polipropilen (PP) plyonkasining ichki yuzasiga qalinligi 0,1 mm bo'lgan yelim eritmasini surtish rakel qurilmasi yordamida amalga oshirildi. Laminatsiyalash jarayoni “A4 Exact LR-H001” qurilmasida qog'oz va PP plyonka qatlamlarini 90-100 °C haroratda vallarning bosimi ostida yelimlash yo'li bilan amalga oshirildi. Vallarning eni 20 sm, vallarning diametri 3 sm, qog'ozning o'tishi tezligi $0,66 \pm 0,04$ m/daq.

Qatlamlar orasidagi adgezion mustahkamlik yelimli birikmaning asosiy sifat ko'rsatkichi hisoblanadi. Erituvchining tabiati ham katta ahamiyat kasb etadi: u yelimni yaxshi eritishi, shuningdek, polimer plyonka bilan yaxshi moslashishi kerak. Ma'lumki, poliolefinlar yuqori haroratlarda aromatik ushlevodorodlarda eriydi. Benzol tez bug'lanadi, texnologik tomondan noqulaylik keltirib chiqaradi. Shuning uchun erituvchi sifatida toluol aralashmasiga ega ksilol tanlandi, u sanab o'tilgan polimer yelimlarni yaxshi eritadi, shuningdek, PP plyonkaning yuzasini qisman eritadi. Tadqiq qilingan barcha yelim-eritmalarining adgezion mustahkamligi laminatsiyalangan qog'ozdagi qatlamlarni ko'chirib olish kuchi ko'rsatkichi sifatida aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

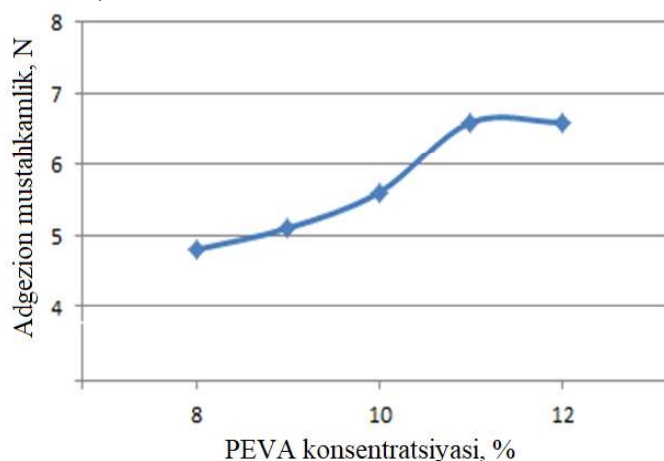
Laminatsion plyonkani qog'ozning yuzasidan ko'chirib olish kuchining yelimning tabiatiga bog'liqligi

Polimer yelim	PEVA	PMMA	PEMA	PBMA	PS	PXP	Analog*
Adgezion mustahkamlik, N	5,6	3,1	3,8	3,9	2,6	4,2	5,5

* - Analog sifatida "EKO Film Manufacture Co." Ltd (Guangdong, Xitoy) tomonidan ishlab chiqarilgan, qog'oz laminatsiyasi uchun yopishqoq qatlamli, qalinligi 24 mikron bo'lgan sanoat PP plyonkasi tanlandi.

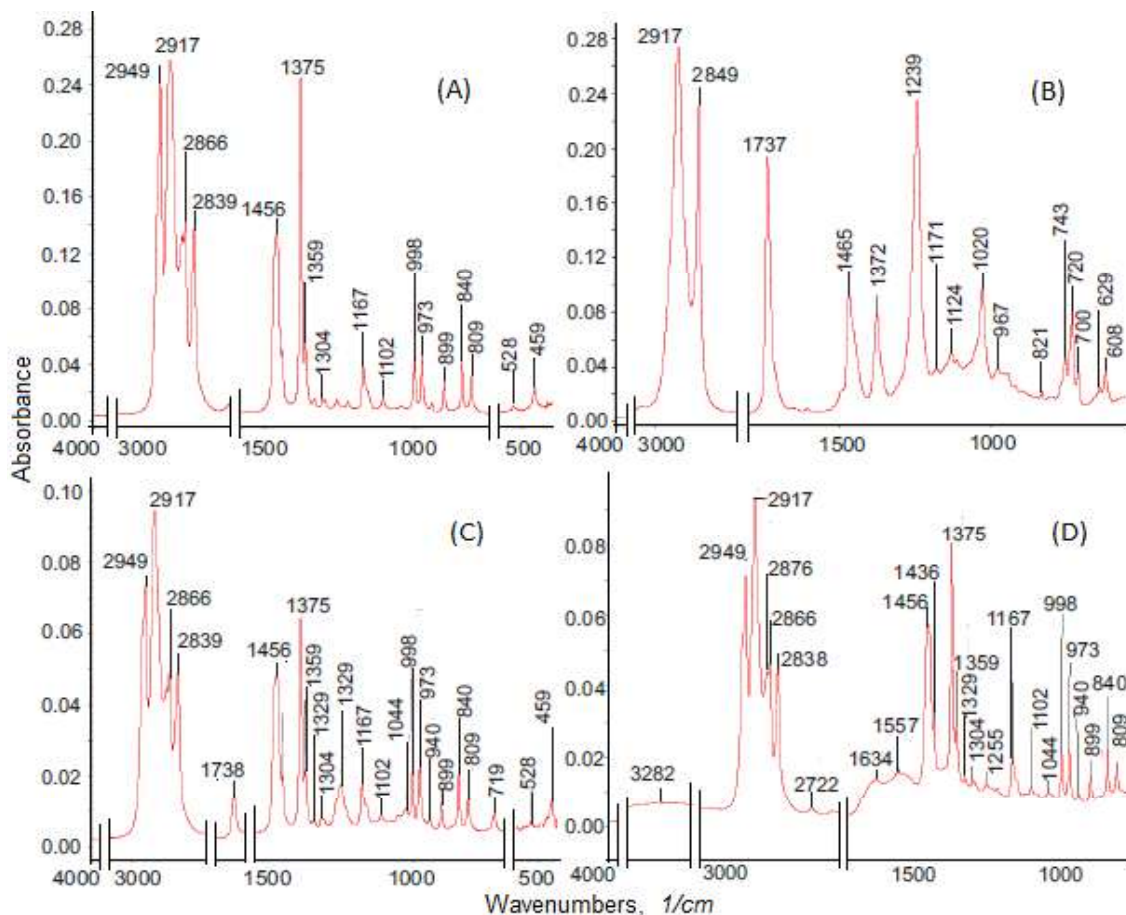
1-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, PEVA yordamida laminatsiyalashning mustahkamligi analogning ko'rsatkichlaridan ortda emas, boshqa yelimlarning ko'rsatkichlari esa analoglarnikidan past. Shu bilan bir vaqtda PMMA, PEMA va PS yelim qatlamlari nisbatan qattiq bo'lib, bu qog'oz o'ramlar uchun noqulay hisoblanadi. PBMA makromolekulalarining uzunroq bo'lgan yon radikal yelim qatlamiga elastiklik beradi, lekin adgezion mustahkamligi yetarlicha bo'lmadi. Kutilganidek, PXP ning adgezion mustahkamligi ko'pchilik yelimlarga nisbatan yuqori, lekin PEVA va analogiga nisbatan pastroq. Ehtimol, PEVA ning difilligi, ya'ni makromolekulasida gidrofil vinilatsetat bo'g'inlari va oleofil etilen bo'g'inlarining mavjudligi laminatsiyalangan qog'oz qatlamlarining yuqori pishqlikda yelimlanishiga ta'sir ko'rsatadi.

Navbatdagi tadqiqotlar eritmadagi PEVA konsentratsiyasining yelimli birikmaning adgezion mustahkamligiga ta'sirini aniqlash maqsadida amalga oshirildi (1-rasm).



1-rasm. Laminatsiyalangan qog'oz yelimli birikmasi adgezion mustahkamligining PEVA konsentratsiyasiga bog'liqligi

PEVAning konsentratsiyasi 11% ga yetganda yelimli birikmaning adgezion mustahkamligi oshadi, po-limer kolnsentratsiyasining keyingi oshirilishi mustahkamlikning orti-shiga olib kelmaydi. Laminatsiya-langan qog‘ozning komponentlari orasida o‘zaro ta’sirlashuv tavsifini aniqlash uchun IQ-Furye spektroskopik tadqiqotlar amalga oshirildi (2-rasm).

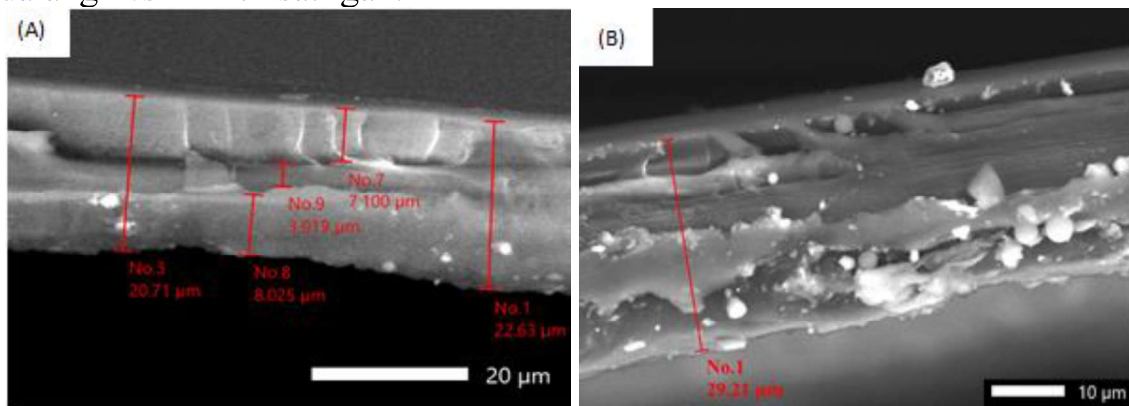


2-rasm: PP (A), PEVA (B), PP-PEVA (C) laminatsion plyonkalar va laminatsiyalangan qog‘oz (D) ning IQ-Furye spektrlari

PP plyonkaning IQ-Furye spektrlarida $C-H$ va $C-C$ bog‘larning valent (ν) va deformatsion (δ) tebranishlariga tavsifli bo‘lgan yutilish yo‘lkalari aniqlandi: 2949-2839 sm^{-1} sohada – ν_{C-H} ; 1456-1304, 528-459 sm^{-1} sohada – δ_{C-H} ; 1359-809 sm^{-1} sohada – $\nu_{C-C} + \delta_{C-C}$. PEVA yelimi: 2917 va 2849 sm^{-1} da – ν_{C-H} , 1737 sm^{-1} da – $\nu_{C=O}$; 1465 va 1372, 743-608 sm^{-1} da – δ_{C-H} ; 1239-821 sm^{-1} sohada – $\nu_{C-O} + \nu_{C-C} + \delta_{C-O}$.

PEVA yelimiga ega PP plyonkaning IQ-Furye spektrlarida polipropilen va PEVA bog‘larining yutilish yo‘lkalari aniqlandi, shu jumladan yelimning o‘zidagigan nisbatan pastroq intensivlikda 1738 sm^{-1} da. Laminatsiyalangan qog‘ozning IQ-Furye spektrlarida ham avvalgi yutilish yo‘lkalari saqlanib qoladi, sellyulozaning yutilish yo‘lkalari paydo bo‘ladi, masalan 3282 sm^{-1} da intensivligi past keng polosa ν_{O-H} . Birlashtirilgan mahsulotlarda yaqqol namoyon bo‘lgan yangi yutilish yo‘lkalarining mavjud emasligi laminatsiyalash jarayonida komponentlar orasida kimyoviy emas, balki adgezion o‘zaro ta’sirlashuvning yuzaga kelishidan dalolat beradi.

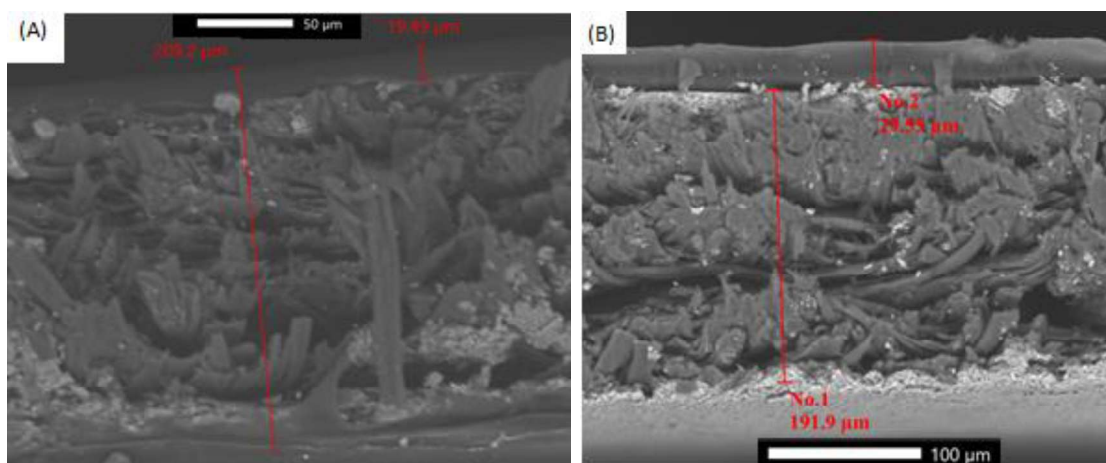
SEM-EDA-tahlil tadqiqotlari PP plyonka namunasining yuzasi morfologiyasini, uning PEVA yelimi va laminatsiyalangan qog‘oz bilan kesimi xususiyatlarini, shuningdek, yelimning qog‘oz va polimer plyonka bilan o‘zaro ta’sirlashuvi tavsifini aniqlash maqsadida amalga oshirildi. 3-rasmda yelim qatlamiga ega PP plyonkaning ko‘ndalang kesimi ko‘rsatilgan.



3-rasm: Laminatsiyalash uchun mo‘ljallangan PP plyonka ko‘ndalang kesimining SEM-tasviri: (A) – sanoat namunasi, (B) – tajribaviy namuna

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, sanoatda qo‘llanadigan laminatsion plyonka umumiy qalinligi 20-23 mkm bo‘lgan uchta qatlamdan tashkil topadi; yelim qatlamining qalinligi 6-10 mikron. Olingan laminatsion plyonka umumiy qalinligi 26-29 mikron bo‘lgan ikkita qatlamdan iborat; yelim qatlamining qalinligi 8-12 mikron.

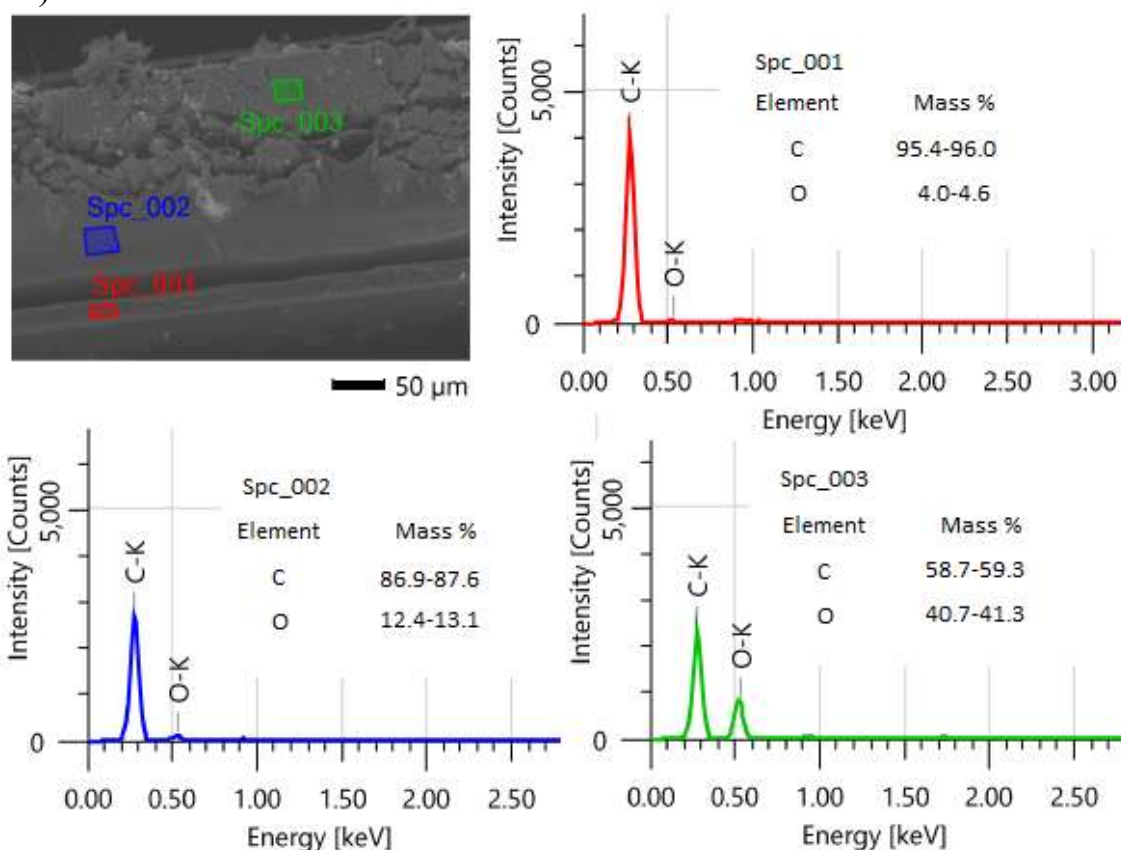
Laminatsiyalangan qog‘ozning mikrostrukturasi aniqlashtirish uchun uning ko‘ndalang kesimi SEM-tasvirlari olindi (4-rasm).



4-rasm: Tijoriy (A) va tajribaviy (B) polipropilen plyonka bilan laminatsiyalangan qog‘oz ko‘ndalang kesimining SEM-tasviri

Laminatsiyalangan qog‘ozning qalinligi polimer plyonka bilan birgalikda 210-220 mikronni tashkil qiladi. Sanoat namunasidan farqli ravishda, tajribaviy namunamizda PP plyonka yaqinida mikrog‘ovakliklar polimer yelimi eritmasi bilan to‘lgan. Ehtimol, polimer yelimi eritmasi qog‘ozda tolalararo bo‘shliqqa sizib kiradi va bunda PP plyonkaning kontakt yuzasini qisman eritadi. Bularning barchasi qog‘oz va laminatsiyalovchi plyonkaning yuzasi orasidagi o‘zaro adgezion ta’sirlashuvning kuchayishiga olib kelishi mumkin. Yuqoridagi fikrni tasdiqlash uchun

laminatsiyalangan tajribaviy qog‘ozning har bir qatlami SEM-EDA tahlildan o‘tkazildi (5-rasm).

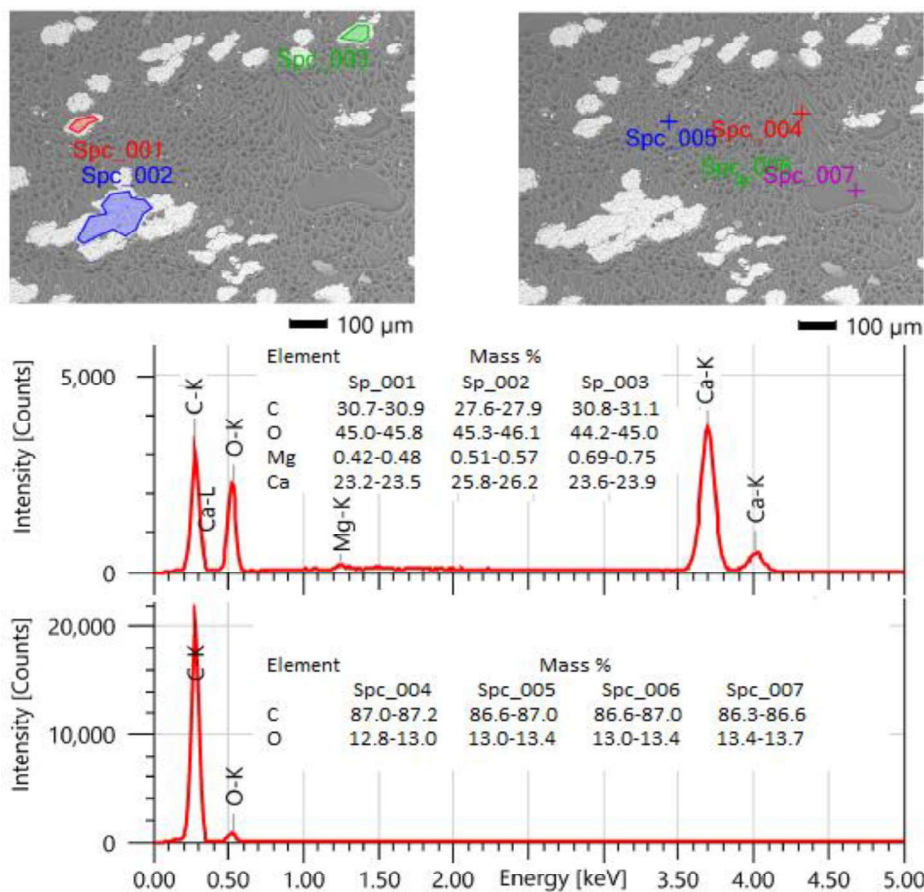


5-rasm. Tajribaviy laminatsiyalangan qog‘oz qatlamlarining SEM-EDA tahlili

Laminatsiyalangan qog‘ozning skanerlangan uchta maydonlaridan energodispersion spektrlar yozib olingan. Birinchi soha PP plyonkasining qirqimiga taalluqli bo‘lib, unda uglerod atomlari aniqlanishi kerak. Bu sohada kislorodning ham mavjudligi aniqlandi. Ehtimol, kislorod PEVA ga taalluqli bo‘lib, bu holat kislorodning bir qismi qisman erishi natijasida PP plyonkaga o‘tishi haqidagi yuqorida keltirilgan taxminni tasdiqlaydi. Ikkinchi soha taxminan PEVA mos keluvchi nisbatda uglerod va kislorod atomlariga ega. Bu holat yelim eritmasining qog‘ozning mikrog‘ovakliklariga kirishi haqidagi yana bir taxminni tasdiqlaydi. Uchinchi sohada uglerod va kislorodning massaviy nisbati tabiiy hisoblangan qog‘oz massasining tarkibiga mos keladi.

SEM-EDA tadqiqotlari qog‘oz va polimer plyonkaning bo‘linish chegarasida ham davom ettirildi (6-rasm).

Yuklama ostida kuch bilan uzishdan so‘ng polimer plyonkaning yuzasida kuzatiladigan tasvir laminatsiyalangan qog‘ozda adgeziya va kogeziya kuchlarining nisbati haqida axborot beradi. Plyonkaning chekkasida oq dog‘lar ko‘rinishidagi qog‘oz ishlari yaqqol sezilib turibdi. Bu dog‘lar uchta qismlarining elementli atrkibi deyarli bir xil va mineral bilan to‘ldirilgan qog‘ozning tarkibiga mos keladi. Katta miqdorda kalsiyning mavjudligi bo‘yicha xulosa chiqariladigan bo‘lsa, to‘ldiruvchi kalsiy karbonat yoki bo‘rdan iborat. Bu dog‘lar bo‘r zarralarining sellyuloza tolalari bilan aglomeratidan iborat.

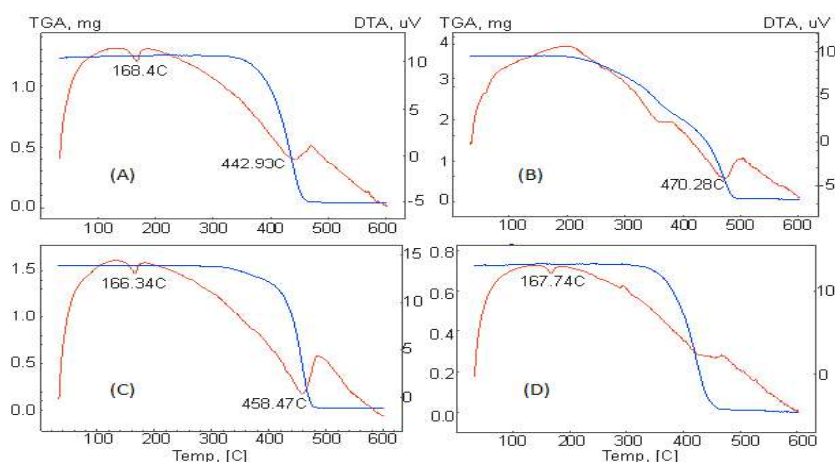


6-rasm. Laminatsiyalangan qog‘ozning tajribaviy namunasida PP plyonka va qog‘ozning bo‘linishi chegarasining SEM-EDA tahlili

Yuzasida dog‘ mavjud bo‘lmagan yana to‘rtta yuza maydonlarining elementli tarkibi skanerlandi. Bu maydonlarda deyarli bir xil tarkibdagi uglerod va kislorod atomlari aniqlandi. Bu esa PEVA ning tarkibiga mos keladi. Olingan natijalarni quyidagi tarzda talqin qilish mumkin. PEVA yelimining PP plyonka bilan ilakishish kuchi qog‘oz bilan ilakishishga nisbatan sezilarli darajada yuqori; ajralishda yelim deyarli to‘liq holda plyonkaning yuzasiga o‘tadi. PEVA yelimining qog‘ozning yuzasi bilan o‘zaro ta’sirlashuvining adgezion kuchlari qog‘oz qatlamining ichidagi ilakishish kuchlari bilan taqqoslanadigan darajada hisoblanadi. Umuman olganda qog‘oz bo‘lakchasi eng zaif bo‘g‘inda – mineral to‘ldiruvchining to‘planish joylarida uziladi.

Namunalarning termik xossalari termogravimetriya (TGA) va differensial-termik tahlil (DTT) usullari bilan tadqiq qilindi. PP plyonka, polimer yelim, yelim qatlamiga ega laminatsiyalovchi plyonkalarining TGA va DTT egri chiziqlari olindi (7-rasm, 2-jadval).

PP plyonka yetarlicha yuqori termobarqarorlikka ega, 33 dan 342 °C harorat-gacha massaning bor-yo‘g‘i 0.33% qismini yo‘qotadi. Bu intervalda DTT egri chizig‘ida 168°C da bitta endotermik pik kuzatiladi, effektning qiymati - 103,2 Dj/g, u fazaviy o‘tish - erish jarayoniga mos keladi. 342 °C dan yuqori haroratda massaning intensiv yo‘qoti-lishi boshlanadi va 469 °C gacha namuna massasining 96% qismi yo‘qotiladi.



7-rasm. Polipropilen plyonka (A), PEVA yelimi (B), laminatning sanoat analogi (C) va tajribaviy laminatning (D) TGA va DTT egrilari

Bu uchastkada PP ning to‘liq destruksiya sodir bo‘ladi, u 443 °C haroratda pik bilan -952 Dj/g endotermik effekt bilan kechadi. Namunaning kuygan qoldig‘i boshlang‘ich massaga nisbatan 2,7% ni tashkil qiladi.

2-jadval

PP plyonka, yelim va laminatlar uchun TGA va DTT jarayonlarining ekstremal nuqtalari

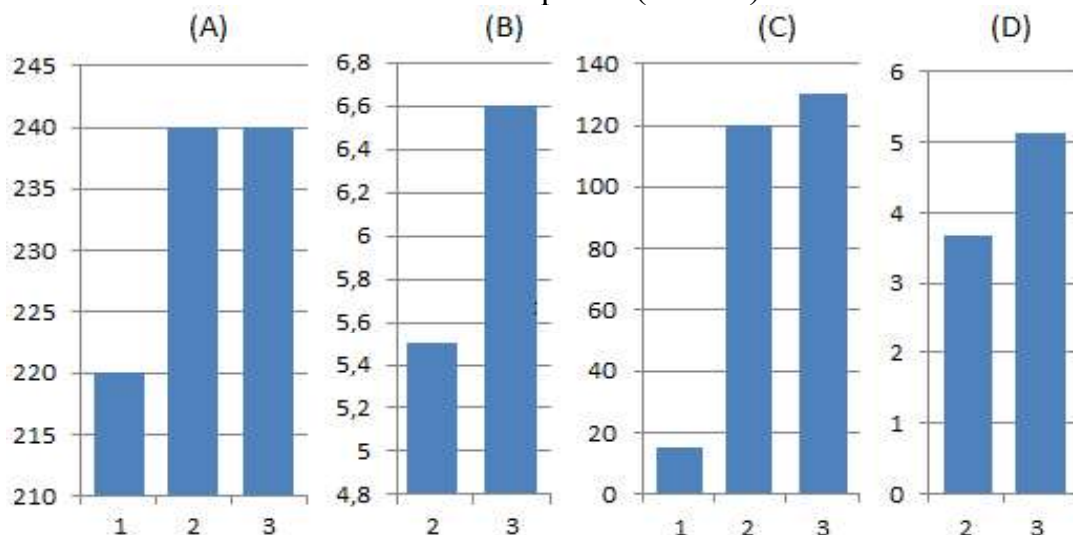
Jarayon nuqtalari	TGA			Jarayon nuqtalari	DTT	
Polipropilen						
Boshlanishi, C	33.21	341.69	469.13	Boshlanishi, °C	138.70	344.47
Yakuni, °C	341.69	469.13	601.69	Pik, °C	168.4	442.93
Massa yoʻqotilishi, %	-0.326	-96.091	-0.896	Yakuni, °C	184.42	469.55
	-97.313			Issiqlik effekti, Dj/g	-103.20	-952.21
PEVA yelimi						
Boshlanishi, C	33.49	200.88	492.44	Boshlanishi, °C	380.62	
Yakuni, °C	200.88	492.44	601.71	Pik, °C	470.28	
Massa yoʻqotilishi, %	-0.341	-97.472	-0.823	Yakuni, °C	496.53	
	-98.636			Issiqlik effekti, Dj/g	-317.32	
Laminatning sanoat analogi						
Boshlanishi, C	32.47	321.43	481.52	Boshlanishi, °C	139.15	373.59
Yakuni, °C	321.43	481.52	601.72	Pik, °C	166.34	458.47
Massa yoʻqotilishi, %	-1.289	-96.778	-0.709	Yakuni, °C	179.30	484.79
	-98.776			Issiqlik effekti, Dj/g	-65.38	-937.49
Tajribaviy laminat						
Boshlanishi, C	31.87	325.20	466.53	Boshlanishi, °C	146.23	
Yakuni, °C	325.20	466.53	601.71	Pik, °C	167.74	
Massa yoʻqotilishi, %	-0.959	-97.26	-1.918	Yakuni, °C	183.1	
	-99.19			Issiqlik effekti, Dj/g	-100.12	

PEVA yelimining TGA egrisi uchta uchastkaga ega: 33-201°C da massaning sezilarsiz yo‘qotilishi 0,34%; 201-492 °C massaning sezilarli yo‘qotilishi 97,47%; 492-602 °C massaning yana sezilarsiz yo‘qotilishi 0,82%. Namunaning kuygan qoldig‘i boshlang‘ich massaga nisbatan 1,3% ni tashkil qiladi. PEVA ning erishi 80-85 °C haroratda massa yo‘qotilmagan holda kechadi, sezilarsiz endotermik effekt ham sodir bo‘ladi. DTT egrisida 470 °C haroratda -317,3 Dj/g endotermik issiqlik effektiga

ega bitta pik aniqlandi. U namunaning to'liq destruksiyasini tavsiflaydi. 85 °C dan yuqori haroratda PEVA qovushqoq-oquvchan holatga o'tishi va 200 °C gacha qizishga chidashi aniqlandi.

Sanoat analogi va tajribaviy laminatga tegishli TGA va DTT yuqoridagiga o'xshash shaklga ega. DTT egrisining birinchi uchastkasida sanoat laminati 321 °C haroratgacha 1,29% massani yo'qotadi, tajribaviy laminat 325 °C haroratgacha 0,96% massa yo'qotadi. Ikkinchi uchastkada ikkala namuna to'liq destruksiyaga uchraydi, analog uchun 321-482 °C intervalda 96,78% massa yo'qotiladi, tajribaviy namuna uchun 325-467 °C intervalda 97,26% massa yo'qotiladi. Ikkala namunaning DTT egrilarida 166-167 °C da erish jarayonining aniq namoyon bo'lgan endotermik piki aniqlandi. Sanoat laminati namunasida 458 °C da -937,5 Dj/g issiqlik effektiga ega ikkinchi endotermik pik aniqlandi. Tajribaviy namunada bu pik biroz silliqlangan, ehtimol yelim eritmasining PP plyonkaning molekulyarusti strukturasi shimilishi hisobiga.

Qatlamlar orasidagi aldegion mustahkamlik yelimli birikmaning asosiy sifat ko'rsatkichi hisoblanadi. Adgezion mustahkamlik laminatsiyalangan kartondagi qatlamni ko'chirib olish kuchi sifatida aniqlandi (8-rasm).



8-rasm. Karton (1), sanoat namunasi (2) va tajribaviy namuna (3) ning fizik-mexanik xossalari: sirt zichligi, g/m² (A), adgezion mustahkamlik, N (B), ikki tomonlama buklashlarga chidamlilik (C), yeyilishga chidamlilik, kPa·m²/g (D)

8-rasmdan ko'rinib turibdiki, sanoat va tajribaviy laminatsiyalangan karton bir xil sirt zichligiga ega, u kartonga nisbatan taxminan 9% yuqori. Shu bilan bir vaqtda asosiy fizik-mexanik xossalari bo'yicha tajribaviy karton sanoat namunasiga nisbatan yaqqol ustunlikka ega. Ehtimol, tajribaviy namunada qatlamlarni yelimlash uchun PEVA eritmasidan foydalanilganligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etgan. Eritma PP plyonkaning yuzasini qisman eritadi va bir vaqtning o'zida kartonning mikrog'ovakliklariga singadi.

PEVA yelimi eritmasidan foydalanib olingan namuna uchun laminatsiyalangan qog'ozning ba'zi muhim ko'rsatkichlari aniqlandi (3-jadval).

Laminatsiyalangan qog'ozning fizik-mexanik xossalari

Namuna	Yuza zichligi, g/m ²	Bukilishga qarshiligi, ikkitali buklashlar soni	Bosimga qarshiligi, kPa·m ² /g
Laminatsiz qog'oz	220±3	15	-
Sanoat analogi bilan laminatsiyalangan qog'oz	240±4	100 dan yuqori	3,68±0,06
Laminatsiyalangan qog'oz	245±4	100 dan yuqori	5,12±0,06

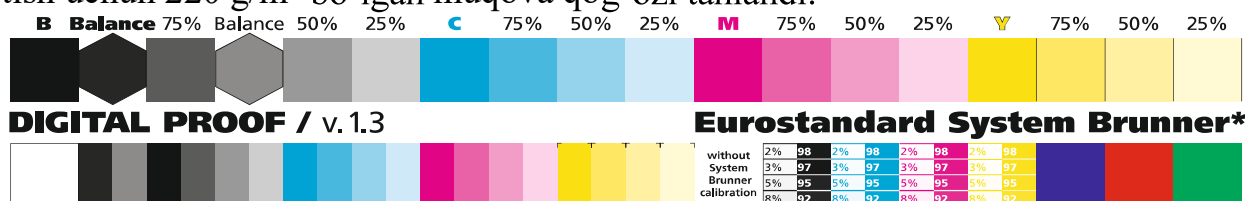
Olingan ma'lumotlar PEVA yelimi eritmasidan foydalanib qog'ozni PP plyonka bilan yaltiroq laminatsiyalashning yaqqol ustunligini ko'rsatib berdi.

Dissertatsiya ishining **“Laminatsion plyonkaning nusxaning koloristik parametrlariga ta'siri tahlili”** deb nomlangan to'rtinchi bobida laminatsiyalangan maxsulotning bosma-texnik xossalari muxokama etilgan. Matbaachilikning istalgan yo'nalishida ranglarning aniq uzatilishi sifatli tasvir chop etishda asosiy talablardan biri hisoblanadi. Laminatsiyalash va bosishdan so'ng bajariladigan boshqa operatsiyalar bezak va himoya elementlari hisoblanib, tasvirlarning ko'rib qabul qilinishiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi kerak.

Ofset bosmada bosiluvchi va oraliq elementlar bitta tekislikda yotadi, lekin yuzasining fizik-kimyoviy xususiyatlari farqlanadigan turlicha materiallarga mos keladi (masalan, alyuminiy va polimer qoplam). Chop etish jarayonida chop etilishi kerak bo'lmagan maydonlar bo'yoqni o'ziga qabul qilmaslik uchun oldindan namlanadi. Keyin esa bosma qolipiga bo'yoq suritaladi va u faqat bosiluvchi elementlarga yopishadi.

Bosma-texnik xossalari tahlili uchun rang farqlanishini hisoblash amalga oshirildi. Rang farqlanishi – bu odatda CIE L*a*b* rang modelidan foydalanib delta E (ΔE) parametri bilan baholanadigan nusxadagi ranglarning asl nusxaga nisbatan o'zgarishi ko'rsatkichi hisoblanadi. CIE L*a*b* rang fazosi uchta o'lchovdan tashkil topib, ular L* (ravshanlik), a* (yashil-qizil o'q) va b* (ko'k-sariq o'q) dan iborat. Ya'ni ranglar uch o'lchamli fazoda joylashgan namuna bo'yicha bosma nusxasida hosil qilinadi va yuqorida aytib o'tilganidek, rangli bo'yoqlarning ustidan qoplangan shaffof plyonka va yelimlar ranglarning optik ko'rsatkichlariga ta'sir ko'rsatadi.

Laminatsiyalashdan so'ng ranglarning o'zgarishini nazorat qilish elementlari sifatida standart test shkalalaridan foydalanildi (9-rasm). Nazorat elementlarini chop etish uchun 220 g/m² bo'lgan muqova qog'oz tanlandi.



9-rasm. Nazorat shkalasi

Turli laminatsiyalash usullarida ranglarning farqlanishi parametrini tahlil qilish uchun ofset bosma usulida chop etilgan nusxalarda ΔE qiymatidan foydalanildi. Massasi 220 g/m² bo'lgan muqova qog'ozida yaltiroq laminatsiyada havorang bo'yoq uchun rang farqlanishi ΔE qiymati nazorat namunalarida deyarli doimiy bo'ldi va laminatsiyalanmagan qog'ozning yuzasida 4,0 ni tashkil qildi. Boshqa tomondan, analog variant uchun yaltiroq laminatsiyalashdan so'ng havorang bo'yoq uchun nusxalarda rangning o'zgarishi diapazoni 3,6-3,8 ni tashkil qildi. Ofset bosma usulida chop etilgan qirmizi bo'yoq uchun ΔE ning qiymatlari laminatsiyasiz holda 2,3 ni tashkil qilgan, laminatsiyalashdan so'ng esa 2,4-2,7 diapazonda o'zgargan. Sariq bo'yoq uchun ΔE qiymatining o'zgarishi laminatsiyasiz variant uchun 3,2-3,3 ni tashkil qilgan, laminatsiyalashdan so'ng esa bu qiymat 4,2-4,4 diapazonda bo'lgan. Xuddi shu ko'rsatkichlar qora bo'yoq uchun 6,5 birlikni tashkil qilgan yuo'lsa, yaltiroq laminatsiyalashdan so'ng qiymatlar 6,2-6,3 diapazonda o'zgargan.

Mazkur tadqiqot natijalari analog va tajribaviy laminatlardan foydalanishda ularning ofset bosma nusxalaridagi ranglarning farqlanishi (ΔE qiymat) ga ta'sirini ko'rsatib berdi (4-jadval).

4-jadval

Laminatsiyalashning turli variantlarida rang farqlanishi qiymatlari (ΔE)

Rang farqlanishi (ΔE)		Laminatsiyalash variantlari			
		Analog		Tajribaviy	
		oldin	keyin	oldin	keyin
Cyan	min	4,0	3,6	3,8	4,0
	max	4,0	3,8	3,8	4,2
Magenta	min	2,3	2,4	3,1	3,3
	max	2,3	2,7	3,1	3,5
Yellow	min	3,2	4,2	3,4	3,7
	max	3,3	4,4	3,5	4,2
Black	min	6,5	6,2	5,4	5,2
	max	6,5	6,3	5,4	5,7

Analog laminatlardan foydalanish: tadqiqotlar natijasida aniqlandiki, qora bo'yoqdan tashqari, barcha ranglar uchun ΔE ning qiymati qabul qilish mumkin bo'lgan diapazonda joylashgan, ya'ni 5 dan past. Bu holat laminatsiyalashdan oldin va keyin ham o'rinli hisoblanadi. Tadqiqotlar natijasida aniqlandiki, havorang va qora bo'yoq uchun ΔE rang farqining laminatsiyalashdan oldingi qiymatlari yuqoriroq, shu bilan bir vaqtda mazkur ikkala bo'yoq uchun laminatsiyalashdan keyingi rang farqlanishi qiymatlari kamaygan.

Matematik modellastirish orqali laminatsiyalash parametrlarining ratsional qiymatlari aniqlandi: PEVA ning konsentratsiyasi – 12%, harorat – 110 °C va yelimning qalinligi – 0,2 mm.

Polipropilen plyonka bilan laminatsiyalangan matbaa qog'ozining mustahkamlik xossalarini aniqlash uchun plyonkani laminatsiyalangan qog'ozdan ajratib olishda kuchlanganlik holatni tahliliy baholash amalga oshirildi.

Namunalarning cho'zilishida plyonka ajralishining o'ziga xosliklarini ko'rib chiqishda mazkur differensiallashgan yondashuv laminatsiyalash jarayonida plyonka

va qog‘oz orasida yuzaga keladigan adgezion bog‘lanish mustahkamligini bilvosita baholashga imkon beradi. Masalan, agar namunani cho‘zishda plyonkaning ajralishi yelimli tarkib bilan birgalikda amalga oshidigan bo‘lsa, bu holatda shuni taxmin qilish mumkinki, solishtirma cho‘zuvchi kuch $R'=R/b$ (N/mm) plyonka va yelim orasidagi adgeziya kuchi F'_{ad} dan kichik:

$$P' < F_1; \quad P' > F_2, \quad (1)$$

$R'=P/b=(5,6...8,7)/50=0,112...0,174$ N/mm bo‘lganligi tufayli, shuni tasdiqlash mumkinki, plyonka va yelim orasidagi solishtirma adgeziya kuchi F_1 qiymatlarning mazkur diapazonidan kattaroq, ya’ni

$$F_1 > 0,112...0,174 \text{ N/mm} \quad (2)$$

Bir vaqtning o‘zida shuni ham ko‘rsatib o‘tish kerakki, bu holatda adgeziya kuchi qog‘oz va yelim orasidagi adgeziya kuchi F_2 dan kattaroq:

$$F_1 > F_2 \quad (3)$$

Agar plyonkaning ajralishi yelimli tarkibsiz amalga oshadigan bo‘lsa, solishtirma uzish kuchi R' plyonka va yelim orasidagi adgeziya kuchi F_1 dan katta bo‘ladi

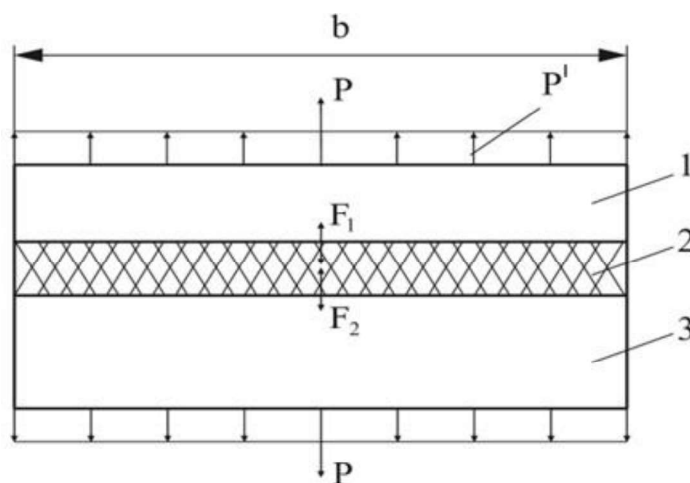
$$P' > F_1; \quad P' < F_2, \quad (4)$$

va tegishlicha quyidagi shart bajariladi

$$F_1 < F_2 \quad (5)$$



10-rasm. Namunalarni cho‘zilishga sinash jarayonida polipropilen qoplangan qog‘oz ichki yuzasining holati



11-rasm. O‘q bo‘ylab cho‘zuvchi kuch P qo‘yilgan va quyidagi elementlardan tashkil topuvchi laminatsiyalangan qog‘oz namunasining ko‘ndalang kesimi:

1 - polipropilen plyonka; 2 - PEVA yelimi; 3 - qog‘oz

Plyonkani ajratib olish maqsadida laminatsiyalangan qog'oz namunalarini cho'zilishga sinashda shu narsa aniqlandiki, yelimli tarkib va qog'oz yoki plyonka orasidagi adgezion bog'ni buzuvchi P kuchning qiymati kichik diapazonda o'zgardi. Buning sabablaridan biri, ehtimol, namunani cho'zish jarayonida plyonkasi ajralgan qog'ozning chekkasi biroz bukilishi hisoblanadi, 10-11-rasmlar buni tasdiqlaydi. Mazkur bukilish qog'ozning qalinligi yelimning qalinligidan kattaroqligi bilan tushuntirilishi mumkin. Agar A nuqtaga qo'yilgan kuch P nazariy mexanika qoidalari bo'yicha O nuqtaga o'tkazilsa, bu holatda ekvivalent yuklanish tizimi hosil bo'lib, u P kuch va soat strelkasiga qarama-qarshi yo'naltirilgan $M=R \cdot AO$ momentiga ega kuchlar juftidan tashkil topadi. Bunday ta'sir natijasida qog'ozning chekkasi (AO qismi) bukilishga ega bo'lib, u meyoriy kuchlarishlarning yuzaga kelishiga va shunga muvofiq, umumiy kuch yuklamasi P ning o'zgarishiga olib keladi.

Ilmiy ishni olib borishda nazariy va eksperimental tadqiqotlar asosida matbaa mahsulotlari ishlab chiqarishda laminatsiya jarayonida mahalliy plyonkalarni ishlab chiqarish bo'yicha takliflar berilgan. Ushbu jarayonda hozirda matbaa mahsulotlari ishlab chiqarishda laminatsiya jarayonida Xitoy mamalakatidan import qilinadigan plyonkalarning o'rniga mahalliy xomashyolardan olinadigan plyonkalarni ishlab chiqarishga joriy etishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlikni hisoblash amalga oshirilgan.

Ishlab chiqarishga elektroenergiya, material, mehnat sarfini kamaytirishni ta'minlaydigan matbaa mahsulotlari ishlab chiqarishning yangi texnologiyasini joriy qilishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlik amaldagi "Xalq xo'jaligiga yangi texnika, yangiliklar va ratsionalizatorlik takliflarini joriy etishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlikni aniqlash uslubiyati"ga asoslanib hisoblandi.

Yillik iqtisodiy samaradorlik mazkur uslubiyat bo'yicha bazis va taklif etilayotgan texnologik variantlardagi o'zgaradigan harajatlarni solishtirish orqali hisoblandi.

Amaldagi uslubiyatga asosan yangi mehnat vositasi (mashina, asbob-uskuna va boshqalar)ni ishlab chiqarish va undan foydalanishda olinadigan iqtisodiy samaradorlik qo'yidagi formula orqali hisoblanadi:

$$E = \left[Z_1 \cdot \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I'_1 - I'_2) - E_n(K'_2 - K'_1)}{R_2 + R_n} - Z_2 \right] \quad (6)$$

bu yerda Z_1, Z_2 – eski va yangi asbob-uskuna bir birlik mahsulotiga to'g'ri keluvchi keltirilgan harajatlar miqdori, ming so'm; $\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$ - yangi asbob-uskuna ish unumdorligini

eskisi bilan solishtirish koeffitsiyenti; ϵ_1, ϵ_2 – bazis va yangi asbob-uskunalarining mos ravishdagi ish unumdorligi; $\frac{R_1 + E_n}{R_2 + E_n}$ - bazis variantga solishtirilgandagi asbob-uskunalar xizmat muddatini hisobga olish koeffitsiyenti; R_1, R_2 – ma'naviy eskirishni hisobga olganda bazis va yangi asbob-uskunani to'liq tiklashga balans qiymatidan ajratma ulushi; E_n – samaradorlik meyoriy koeffitsiyenti, $E_n = 0,15$; K'_1, K'_2 - bazis va yangi asbob-uskunalarda iste'molchi yo'naltirilgan kapital qo'yilmasi miqdori; I'_1, I'_2 - tadbiq etilgan variantda iste'molchining bazis va yangi asbob-uskunalaridan foydalangandagi yillik eksplutatsiya harajatlari.

Ushbu tadqiqot ishini amalga oshirishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlikda uskunalarni xarid qilish, tashib keltirish, o'rnatish va undan foydalanish bilan bog'liq barcha harajatlarni tushadigan pul oqimi bilan qoplashga tayanilgan.

Hisob ishlarini amalga oshirish uchun zarur bo'ladigan ma'lumotlar 5-6-jadvallarda keltirilgan.

5-jadval

Mahalliy plyonkalarini ishlab chiqarishga joriy qilishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlikni hisoblash uchun zarur bo'ladigan ma'lumotlar

τ/p	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Variantlar	
			Bazis	Taklif etilayotgan
1.	Yillik mahsulot ishlab chiqarish hajmi	kg	9000	9000
2.	O'rnatilgan uskunalar soni	dona	1	1
3.	Material sarfi, 1 kg mahsulot uchun	so'm	46000	24000
4.	Asbob-uskunaga amortizatsiya ajratmalari	%	15	15
5.	Kundalik tiklashga ajratma	%	5	5
6.	Tashib keltirish va montajga ajratma	%	10	10
7.	Uskunalar iste'mol quvvati	kVt	15	15
8.	Iste'mol qilinadigan 1 kVt/s elektroenergiya narxi	so'm	1350	1350
9.	O'rnatilgan quvvat uchun to'lov	so'm	38600	38600
10.	Hisob-kitoblar uchun o'rnatilgan minimal ish haqi miqdori	So'm	1155000	1155000
11.	Sotsial sug'urtaga to'lov	%	12	12

6-jadval

Bazis va taklif etilayotgan variantlar bo'yicha keltirilgan va ekspluatasiya harajatlarini hisoblash, ming so'mda

№	Ko'rsatkichlar	Variantlar	
		Bazis	Taklif etilayotgan
1	Takomillashtirilguncha asbob-uskuna narxi	1831820	1831820
2	Asbob-uskunani keltirish va o'rnatish xarajatlari	183182	183182
3	To'g'ri kapital xarajat	1591852	1591852
4	ITI lari xarajatlari	-	4300
5	Asbob-uskunani yaratish bo'yicha ishlab chiqarish fondlari kapital qo'yilmalari	1591852	1596152
6	Asbob-uskunani tayyorlashga keltirilgan xarajatlar	2253780	2254425
7	Ekspluatasiya xarajatlari, jami	867407	773875
	shu jumladan:		
	- amortizasiya ajratmalari	302250	302895
	- kundalik ta'mirlash	100750	100965
	- iste'mol qilinadigan elektroenergiya qiymati	50406	50406
	- material sarfi	414000	319608

Olingan ma'lumotlarni formulaga qo'yib yangi asbob-uskunalarni ishlab chiqarishga joriy etishdan olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik hisoblanadi:

$$E_y = 2253780 * 1,0 * 1,0 \\ + \frac{(867407 - 773875) - 0,15 \cdot (201930,2 - 201500,2)}{0,164 + 0,15} - 2254425 \\ = 297022 \text{ ming so'm.}$$

Demak, nashriyot va qadoqlash mahsulotlari ishlab chiqarishda laminasiya jarayonida mahalliy plyonkalarni ishlab chiqarishga joriy qilishdan olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik 297022 ming so'mni yoki 1 kilogrammiga 33002 so'mni tashkil etadi.

XULOSA

“Etilen (so)polimeridan foydalanib bosma mahsulotlarini laminatsiyalash jarayoni parametrlarini asoslash” mavzusidagi dissertatsiya ishini bajarish natijasida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Mahalliy sharoitda ishlab chiqariladigan etilen (so)polimeri va PEVA yelimidan foydalanib, nashriyot va qadoqlash mahsulotlarini laminatsiyalash imkoniyatlari ko'rsatib berildi. PEVA polimer yelimidan foydalanilganda plyonkani qog'ozning yuzasidan ko'chirib olishdagi adgezion mustahkamlik taqqoslash uchun olingan namunaga nisbatan 3% yaxshilandi. PEVA ning konsentratsiyasi 11% ga yetganda yelimli birikmaning adgezion mustahkamligi maksimal darajaga erishdi, polimer kolnsentratsiyasining keyingi oshirilishi mustahkamlikning ortishiga olib kelmadi. Bunda mazkur namuna plyonkasining ilakishish mustahkamligi sanoat analogi namunasiga nisbatan 20% yuqori bo'ldi.

2. Laminatsiyalangan mahsulotlarning IQ-Furye spektrlarida yaqqol namoyon bo'lgan yangi yutilish yo'lkalarining mavjud emasligi laminatsiyalash jarayonida komponentlar orasida kimyoviy o'zaro ta'sirlashuvning sodir bo'lmashligidan, adgezion ta'sirlashuv yuzaga kelishidan dalolat berdi. PEVA ning konsentratsiyasi – 12%, harorat – 110 °C va yelimning qalinligi – 0,2 mm bo'lishi tajribaning mazkur sharoitlarida laminatsiyalash parametrlarining ratsional qiymatlari ekanligi aniqlandi.

3. Yelim-eritma plyonka va karton orasida yuqori adgezion mustahkamlikni (6,6 N), ko'p sonli ikki martali buklashlarga chidamlilikni (120 martadan ortiq), yeyilishga chidamlilikni (5,12 kPa·m²/g) ta'minladi. Olingan laminatsiyalangan kartonning fizik-mexanik xossalari ko'rsatkichlari sanoat analogi namunasiga nisbatan 10-30% yuqori ekanligi aniqlandi.

4. Tadqiq qilinayotgan nusxalarda tajribaviy va analog sifatida olingan plyonkalar bilan laminatsiya qilingan rangli nusxalarda rang farqlanish qiymatlarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, rang farqlanishi qiymatlari ISO 12647-2 standartida keltirilgan qiymatlardan (ΔE ning bo'yoqlar, bosma usuli va qog'ozga bog'liq holda 4-8 diapazonda bo'lishi meyor hisoblanadi) oshib ketmagan. Tajribaviy plyonkalardan matbaa mahsulotlarini laminatsiya qilishda foydalanish mumkin.

5. Bazis va taklif etilayotgan variantlar bo'yicha keltirilgan va ekspluatasiya harajatlarini hisoblash orqali yangi materiallarni ishlab chiqarishga joriy etishdan olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik hisoblanadi va u 1 tonna laminatsion plyonkaga nisbatan 33 002 ming so'mni tashkil qildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 03/2025.27.12.Т.21. ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ТУРАЕВ ФАЗЛИДДИН МУХИТДИНОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛАМИНИРОВАНИЯ
ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ (СО)ПОЛИМЕРА
ЭТИЛЕНА**

**05.02.03 – Технологические машины. Роботы, мехатроника
и робототехнические системы**

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 за №B2025.2.PhD/T5667.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.ttysi.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNET» (www.ziyo.net.uz).

Научный руководитель:

Рафиков Адхам Салимович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Бахадиров Гайрат Атаханович
доктор технических наук, профессор

Алиева Наргиза Бахтихозиевна
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Ведущая организация:

Бухарский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «27» августа 2026 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.21.01 при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности по адресу: 100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, д. 5, Административное здание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 2 этаж, 222-я аудитория), тел. (+99871) 253-06-06, 253-08-08, факс: 253-36-17; e-mail: titlp_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (зарегистрирована за №307). Адрес: 100100, г.Ташкент, ул. Шохжахон, д. 5, тел. (+99871) 253-06-06, 253-08-08.

Автореферат диссертации разослан «5» августа 2026 г.
(реестр протокола рассылки № 307 «5» августа 2026 г.).



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

А.З.Маматов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире при производстве и отделке полиграфической продукции одно из ведущих мест занимают ламинационные полимерные плёнки. Согласно статистическим данным за период 2022–2029 гг., в глобальном масштабе прогнозируется ежегодный рост производства ламинационных плёнок на 19%. Учитывая, что к 2029 г. планируется выпуск продукции стоимостью 16 270,5 млн долларов США, становится очевидным, что развитие издательской и упаковочной промышленности, организация производства ламинационных полимерных плёнок и совершенствование технологии ламинирования различных видов бумаги на таких материалах являются насущной потребностью. С этой точки зрения получение полимерных плёнок на основе (со)полимера этилена и развитие процессов ламинирования, отвечающих требованиям соответствующих технологических операций при производстве издательской и упаковочной продукции, имеют важное значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку новых полимерных материалов и видов клеев, а также на совершенствование их свойств для ламинирования издательской и упаковочной продукции в соответствии с существующими технологиями. В этом направлении, в частности, приоритетными считаются исследования, посвящённые определению влияния различных полимерных плёнок и клеев на качество ламинирования. В данной сфере особое внимание уделяется производству ламинационных плёнок на основе полимерных материалов и клеев в местных условиях, расширению ассортимента локализуемых материалов, обеспечению конкурентоспособности, созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также определению параметров процесса ламинирования.

В нашей республике реализуются комплексные меры по расширению применения процесса ламинирования в производстве издательской и упаковочной продукции, по налаживанию выпуска ламинационных полимерных материалов в местных условиях, по производству импортозамещающей продукции на этой основе и получены определённые результаты. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 гг., в частности, определены такие важные задачи, как «обеспечение устойчивости национальной экономики и продолжение промышленной политики, направленной на повышение доли промышленности в валовом внутреннем продукте, увеличив объём производства промышленной продукции в 1,4 раза»². В реализации этих задач важное значение имеет обеспечение качества ламинирования, исходя из свойств (со)полимера этилена и клеевых материалов.

Данная диссертационная работа в определённой степени служит выполнению задач, обозначенных в Указе Президента Республики Узбекистан от 11 сентября 2023 г. № УП-158 «О Стратегии «Узбекистан – 2030», а также в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 16 марта 2020 г. №ПП-4640 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию издательской

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы».

и полиграфической сферы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В зарубежных странах исследования по созданию ламинационных материалов на основе различных полимерных материалов и клеев, а также по изучению их влияния на цветовые параметры оттисков проведены в научных работах А.С. Смолина, О. Charinee, A. Ajcharaporn, I. Jintapatee, P. Boonsita, D. Witchuda, M. Furuse, S. Fuchino, D. Gregor-Svetec, N. Peelman, P. Ragaert, B. De Meulenaer, J. Langley, N. Turner, A. Yoxall, B. Laycock, M. Nikolic, J.M. Colwell, E. Kibirkštis, V. Mayik, R. Zatserkovna, K. Vaitasius, A. Stepanenko и др. В области полимерных клеев исследования проводились такими учеными, как W. Li, L. Bouzidi, S.S. Narine, M.A. Moyano, R. Paris, J.M. Martin-Martinez, C.W. Paul, X. Peng, X. Liu, Y. Huang, L. Sang и др.

В нашей республике научные работы, связанные с полимерными плёнками, ламинатами, печатью на них и с их промышленным применением, выполнялись такими учёными, как М.А. Аскарлов, С.Ш. Рашидова, У.Н. Мусаев, Т.М. Бабаев, Ф.А. Магруппов, С.Р. Камалова, Х.А. Бабаханова и др.

В результате указанных исследований в определённой мере были изучены свойства различных полимерных материалов и возможности их применения при ламинировании издательской и упаковочной продукции, что позволило получить положительные практические результаты. Однако более глубокого изучения требуют вопросы взаимодействия ламинационных плёнок с различными видами бумаги и их защитные свойства при использовании полимерных материалов и клея на основе (со)полимеров этилена.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности в рамках хозяйственного договора, разработанного совместно с предприятием ООО «Maya Plast».

Целью исследования является обоснование параметров процесса ламинирования издательской и упаковочной продукции при использовании ламинационных плёнок и клеевых материалов на основе (со)полимеров этилена.

Задачи исследования:

выявить возможности повышения качества при ламинировании издательской и упаковочной продукции с использованием различных местных полимерных и клеевых материалов;

обосновать параметры, обеспечивающие физико-механические свойства ламината и колориметрические характеристики оттиска при применении полимерных материалов на основе (со)полимера этилена для ламинирования;

обосновать параметры повышения адгезионной прочности при использовании клея на основе (со)полимера этилен-винилацетата (EVA) в процессе ламинирования;

определить взаимосвязь параметров, обеспечивающих качество ламинирования, методом наименьших квадратов при математическом моделировании эксперимента;

определить экономическую эффективность применения исследованных ламинационных материалов.

Объектом исследования являются образцы ламинационных плёнок на основе (со)полимеров этилена и клея EVA, полученные в местных условиях, а также ламинированные оттиски, изготовленные с их использованием.

Предметом исследования являются физико-механические свойства образцов ламинационных плёнок на основе (со)полимеров этилена и клея EVA, полученных в местных условиях, параметры процесса ламинирования, а также показатели качества ламинированных оттисков.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы современные методы лазерно-микроскопического анализа, ИК-спектроскопия, денситометрия, спектрофотометрия, механические испытания полимерных материалов, а также методы математической статистики при планировании и обработке экспериментальных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено, что раствор сополимера этиленвинилацетата, обладающего полярными и неполярными функциональными группами, проявляет более высокие адгезионные свойства по сравнению с существующими полимерными расплавами, применяемыми для ламинирования издательской и упаковочной продукции полиолефиновой плёнкой;

определено, что этиленовые звенья макромолекулы этиленвинилацетата обеспечивают физико-химическое и термодинамическое сродство с полиолефиновой ламинационной плёнкой, тогда как винилацетатные звенья благодаря физико-химическому и термодинамическому сродству с целлюлозой бумаги выполняют функцию связывания слоёв материала;

доказано, что разработанные взаимосвязанные параметры факторов «состав – температура – скорость – время» для ламинирования издательской и упаковочной продукции обеспечивают прочное и стабильное сцепление печатных красок с ламинированным изделием;

доказано, что межслойная морфология ламината формируется вследствие сорбции и диффузии раствора клея EVA в смеси ксилола и толуола в микроструктуру поверхности бумаги, а также частичного растворения полимерной плёнки, что приводит к функциональному изменению адгезионно-когезионного баланса.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены рациональные параметры процесса ламинирования с применением сополимера этилен-винилацетата (EVA), в частности, оптимальные температура, давление и скорость протяжки, обеспечивающие высокую адгезионную прочность и однородность покрытия;

выявлена зависимость прочности сцепления между слоями ламината (бумага - полимерная плёнка) от содержания винилацетата в составе сополимера; разработан метод оценки качества ламинированных оттисков, включающий определение оптических, механических и термических свойств композиционного материала (стойкость к расслоению, термостойкость и износоустойчивость);

создана регрессионная модель, позволяющая прогнозировать адгезионную прочность ламината в зависимости от технологических параметров процесса ламинирования (температура, давление, скорость и состав клеевого слоя);

разработаны рекомендованные режимы ламинирования для полиграфических предприятий с применением сополимера EVA, обеспечивающие повышение качества готовой продукции и снижение энергопотребления.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов обеспечивается проведением исследований с использованием современных методов и средств измерения, взаимной согласованностью теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами апробации и внедрения в производство, а также сравнительным анализом полученных данных с материалами, известными в соответствующей области науки.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в установлении закономерностей обеспечения повышенной сорбции и диффузии раствора клея по отношению к микропорам поверхности различных видов бумаги посредством регулирования концентрации и вязкости раствора сополимера EVA, а также в выявлении межмолекулярных взаимодействий этиленовых групп EVA с полимерной плёнкой и винилацетатных групп – с бумагой.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена достижением высокой адгезионной прочности при ламинировании с использованием раствора сополимера EVA в качестве клеевого материала, разработкой математической зависимости, обосновывающей параметры прочности сцепления, определением физико-механических и печатно-технических свойств материалов, а также расширением возможностей применения местного сырья в процессе ламинирования.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов научных исследований, направленных на получение ламинационных полимерных материалов, их применение в полиграфическо-издательской промышленности и обоснование параметров технологического процесса:

получена в местных условиях полипропиленовая плёнка и внедрена в производство ООО «MAYA PLAST» и типографии ИПАК «SHARQ» («Справка Издательско-полиграфической акционерной компании «SHARQ» от 5 ноября 2025 г. №2/21-146). В результате было достигнуто повышение качества ламинирования издательской и упаковочной продукции, а также снижение себестоимости материалов на 29 % за счёт локализации производства.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были доложены и обсуждены на 3 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 22 научные работы, из них 8 статей – в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), и 1 статья – в журнале, индексируемом в международной базе Scopus.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 104 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, охарактеризованы объект и предмет исследования, показано соответствие диссертационного исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Теоретические основы и технологии ламинирования издательской и упаковочной продукции»** изучены научные исследования, опубликованные по тематике диссертационной работы, и приведены результаты их анализа. Отмечено, что в существующих источниках недостаточно представлено информации о получении ламинатов на основе этиленовых (со)полимеров с применением клея PEVA, а также об их физико-механических и печатно-технических характеристиках. В связи с этим показана актуальность обоснования параметров процесса ламинирования, направленного на определение целесообразности использования этиленовых (со)полимеров и клея PEVA в полиграфическо-издательской промышленности.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Научные основы контроля качества в процессе ламинирования»**, рассмотрены теоретические основы плёночного покрытия, требования к материалам, применяемым при ламинировании, требования к плёночным материалам и качеству печати, методы контроля качества продукции с плёночным покрытием, а также факторы, влияющие на качество готовых изделий.

Оценка ламинатов проводится по следующим показателям: прочность сцепления плёнки с оттиском, отсутствие деформации (коробления) готового изделия, прозрачность и бесцветность полимерного покрытия оттиска, сохранность цветовых характеристик оттиска и неизменность других показателей внешнего вида продукции.

На основании анализа сформулированы требования к качеству ламинированных оттисков, которые необходимо достичь: экземпляры одного тиража должны иметь одинаковые размеры (допустимое отклонение ± 2 мм); с учётом технологических особенностей работы оборудования; поля на отпечатанных

листах с ведущих сторон должны составлять не менее 15 мм, с противоположных сторон – не менее 7 мм; кромки листов не должны иметь замятин и складок; все оттиски должны быть тщательно высушены и отсортированы.

В третьей главе диссертации под названием **«Использование местных материалов при ламинировании и обоснование параметров процесса»** обсуждаются результаты исследования ламинирования бумаги и картона полипропиленовой (PP) плёнкой с использованием клеевого раствора. Процесс ламинирования начинали с приготовления самого раствора. На гранулы PEVA добавляли рассчитанное количество растворителя, оставляли для набухания на сутки, затем подогревали в водяной бане и интенсивно перемешивали до получения однородного вязкого раствора. Растворы с различной концентрацией PEVA получали разведением исходного раствора. Аналогично готовили растворы полиметилметакрилата (PMMA), полистирола (PS) и полихлоропренового каучука (PXP). Растворы полиэтилметакрилата (PEMA) и полибутилметакрилата (PBMA) готовили методом полимеризации мономеров.

Ламинирование бумаги. Нанесение клеевого раствора толщиной 0,1 мм на внутреннюю поверхность PP-плёнки выполняли с помощью ракельного устройства. Процесс ламинирования осуществляли на установке «A4 Exact LR-N001», склеивая слои бумаги и PP-плёнки под давлением валков при температуре 90–100 °С. Ширина валков составляла 20 см, диаметр валков – 3 см, скорость подачи бумаги – $0,66 \pm 0,04$ м/мин.

Адгезионная прочность между слоями является основным показателем качества клеевого соединения. Большое значение имеет также природа растворителя: он должен хорошо растворять клей, а также обеспечивать хорошее взаимодействие с полимерной плёнкой. Как известно, полиолефины растворимы в ароматических углеводородах при высоких температурах. Бензол быстро испаряется, что создаёт технологические неудобства. Поэтому в качестве растворителя был выбран ксилол с примесью толуола, который хорошо растворяет перечисленные полимерные клеи и частично растворяет поверхность PP-плёнки.

Адгезионная прочность всех исследованных клеевых растворов определялась по показателю силы отслаивания слоёв ламинированной бумаги (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость силы отслаивания ламинационной плёнки от поверхности бумаги от природы клея

Полимерный клей	PEVA	PMMA	PEMA	PBMA	PS	PXP	Аналог*
Адгезионная прочность N	5,6	3,1	3,8	3,9	2,6	4,2	5,5

* – В качестве аналога была выбрана промышленная PP-плёнка с клеевым слоем толщиной 24 мкм, произведённая компанией «EKO Film Manufacture Co.» Ltd (Гуандун, Китай) для ламинирования бумаги.

Из данных табл. 1 видно, что прочность ламинирования с использованием PEVA не уступает показателям аналога, тогда как показатели других клеев ниже аналогичных. При этом слои клея PMMA, PEMA и PS относительно жёсткие, что делает их неудобными для ламинирования бумажных рулонов. Длинные боковые радикалы макромолекул PBMA придают клеевому слою эластичность, но адгезионная прочность оказывается недостаточной. Как и ожидалось, адгезионная прочность PXP выше большинства других клеев, однако, ниже, чем у PEVA и аналога. Вероятно, дифильность PEVA, т.е. наличие в макромолекуле гидрофильных винилацетатных звеньев и олеофильных этиленовых звеньев, обеспечивает высокую прочность склеивания слоёв ламинированной бумаги.

Следующее исследование проводилось с целью определить влияние концентрации PEVA в растворе на адгезионную прочность клеевого соединения (рис. 1).



Когда концентрация PEVA достигает 11%, адгезионная прочность клеевого соединения увеличивается, однако, дальнейшее повышение концентрации полимера не приводит к росту прочности.

Для определения характера взаимного воздействия компонентов ламинированной бумаги были проведены спектроскопические исследования методом ИК-Фурье (рис.2).

Рис. 1. Зависимость адгезионной прочности клеевого соединения ламинированной бумаги от концентрации PEVA

В ИК-Фурье-спектрах PP-плёнки были выявлены характерные полосы поглощения для валентных (ν) и деформационных (δ) колебаний связей C–H и C–C: в области 2949–2839 см^{-1} — $\nu_{\text{C-H}}$; 1456–1304 и 528–459 см^{-1} — $\delta_{\text{C-H}}$; 1359–809 см^{-1} — $\nu_{\text{C-C}} + \delta_{\text{C-C}}$.

Для клея PEVA: 2917 и 2849 см^{-1} — $\nu_{\text{C-H}}$, 1737 см^{-1} — $\nu_{\text{C=O}}$; 1465 и 1372, 743–608 см^{-1} — $\delta_{\text{C-H}}$; 1239–821 см^{-1} — $\nu_{\text{C-O}} + \nu_{\text{C-C}} + \delta_{\text{C-O}}$.

В ИК-Фурье-спектрах PP-плёнки с клеем PEVA определяются полосы поглощения как полипропилена, так и PEVA, включая полосу клея с относительно низкой интенсивностью при 1738 см^{-1} . В спектрах ламинированной бумаги сохраняются прежние полосы поглощения, при этом появляются полосы целлюлозы, например, широкая полоса низкой интенсивности $\nu_{\text{O-H}}$ при 3282 см^{-1} . Отсутствие новых явно выраженных полос поглощения в комбинированных материалах указывает на то, что во время ламинирования возникает не химическое, а адгезионное взаимодействие между компонентами.

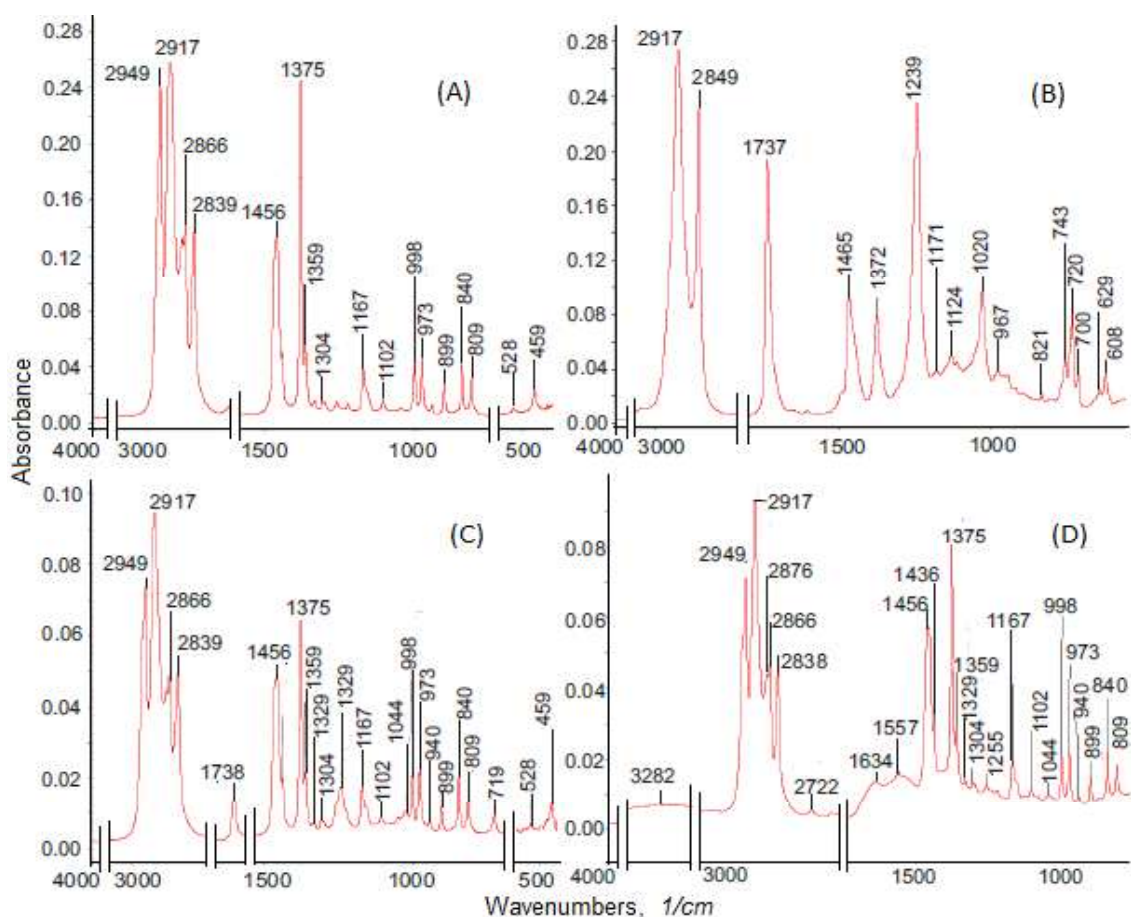


Рис. 2. ИК-Фурье-спектры ламинационных плёнок PP (A), PEVA (B), PP-PEVA (C) и ламинированной бумаги (D)

SEM-EDA-анализ проводился для изучения морфологии поверхности образца PP-плёнки, среза её взаимодействия с PEVA и ламинированной бумагой, а также характеристик взаимодействия клея с бумагой и полимерной плёнкой. На рис. 3 представлен поперечный срез PP-плёнки с клеевым слоем.

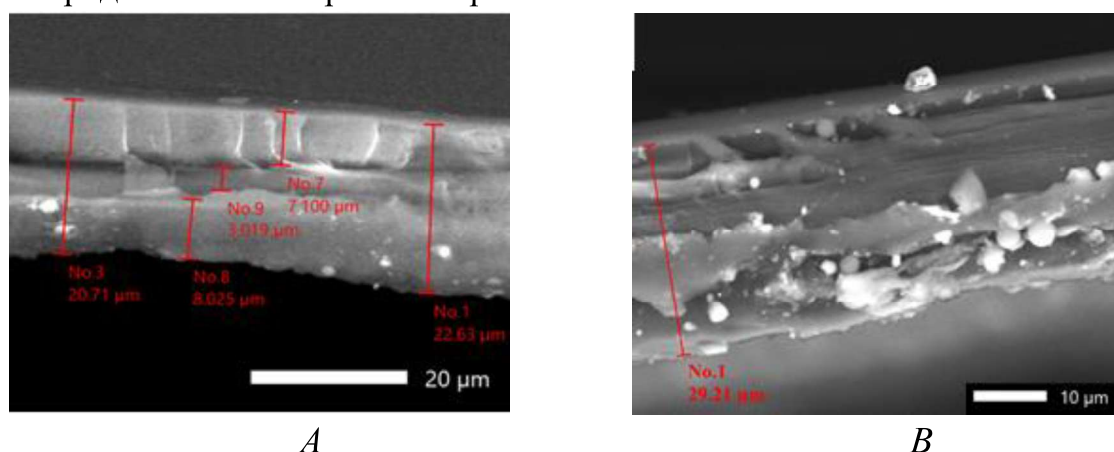


Рис. 3. SEM-изображение поперечного среза PP-плёнки, предназначенной для ламинирования: A – промышленный образец; B – экспериментальный образец

Из рис. 3 видно, что промышленная ламинационная плёнка состоит из трёх слоёв общей толщиной 20–23 мкм; толщина клеевого слоя составляет 6–10 мкм.

Полученная экспериментальная ламинационная плёнка состоит из двух слоёв общей толщиной 26–29 мкм; толщина клеевого слоя – 8–12 мкм.

Для определения микроструктуры ламинированной бумаги были получены SEM-изображения её поперечного среза (рис. 4).

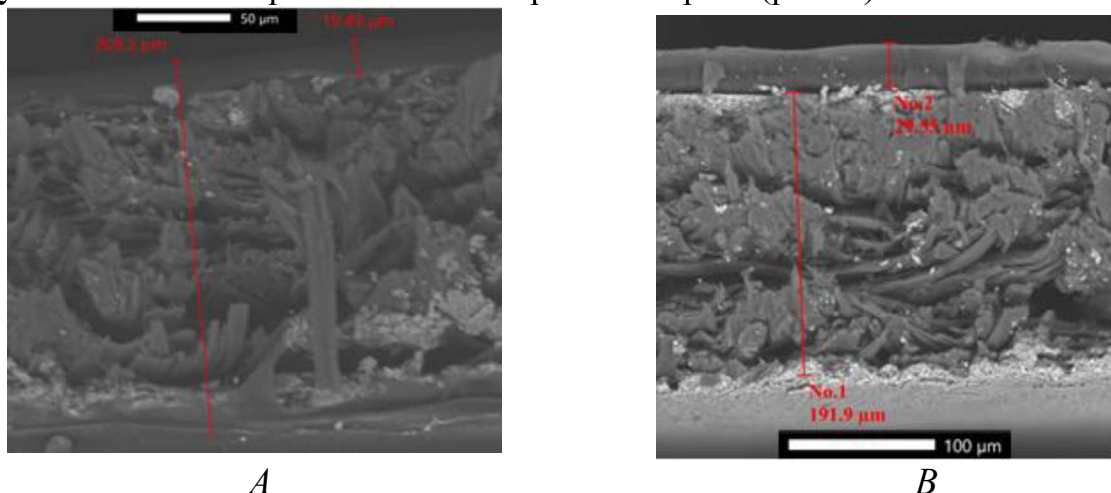


Рис. 4. SEM-изображение поперечного среза бумаги, ламинированной промышленной (А) и экспериментальной (В) полипропиленовой плёнкой

Толщина ламинированной бумаги вместе с полимерной плёнкой составляет 210–220 мкм. В отличие от промышленного образца, в экспериментальном образце возле РР-плёнки микропоры заполнены раствором полимерного клея. Вероятно, раствор полимера проникает в межволоконные промежутки бумаги и при этом частично растворяет контактную поверхность РР-плёнки. Всё это может способствовать усилению адгезионного взаимодействия между поверхностями бумаги и ламинирующей плёнки.

Для подтверждения этого предположения каждый слой экспериментальной ламинированной бумаги был исследован методом SEM-EDA (рис. 5, 6).

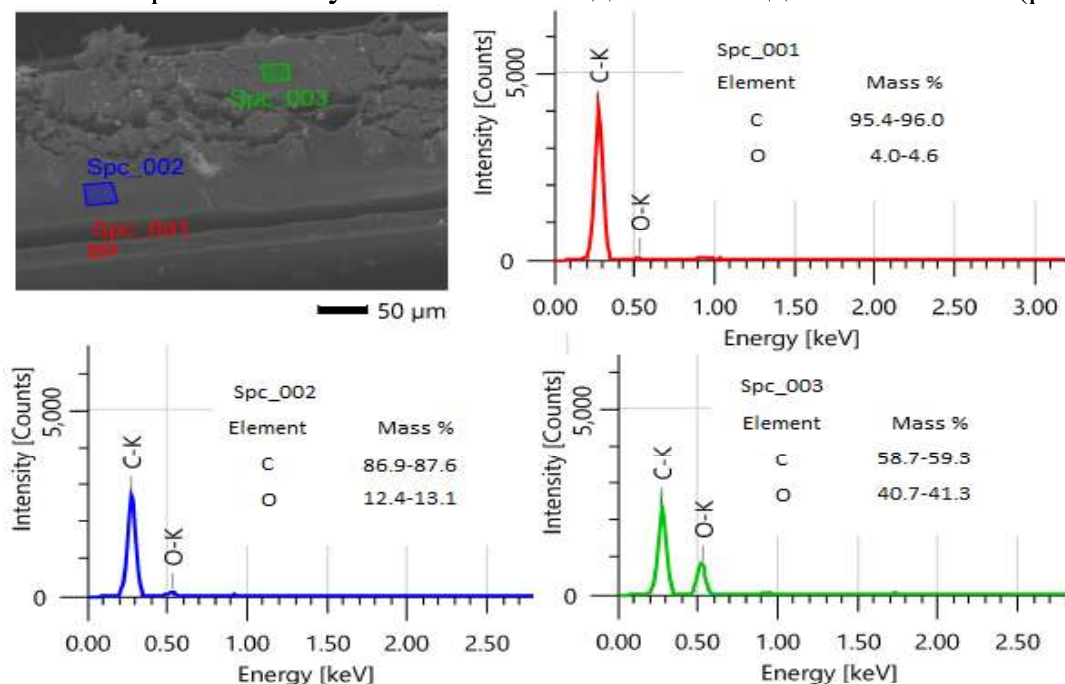


Рис.5. SEM-EDA-анализ экспериментальных слоев ламинированной бумаги

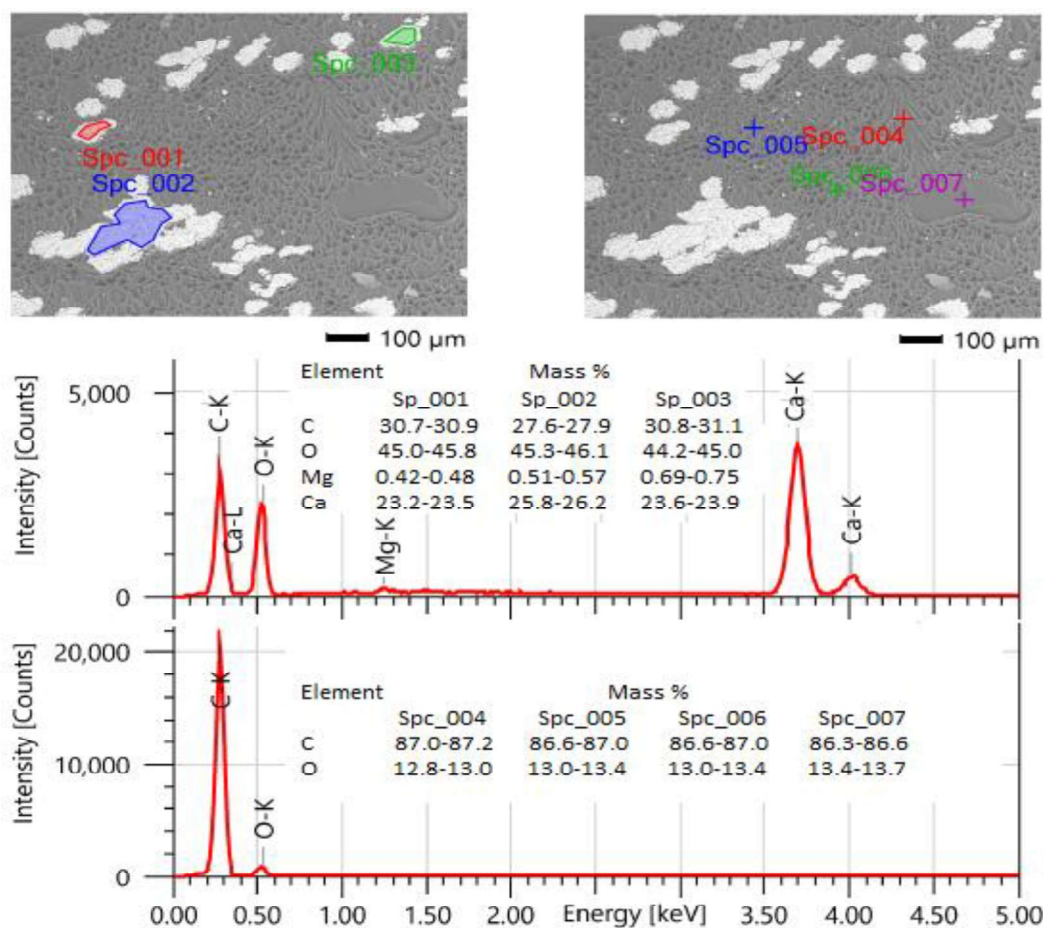


Рис. 6. SEM-EDA-анализ границы раздела PP-плёнки и бумаги в экспериментальном образце ламинированной бумаги

Изображение, наблюдаемое на поверхности полимерной плёнки после разрыва под нагрузкой, даёт информацию о соотношении адгезионных и когезионных сил в ламинированной бумаге (рис. 6). На краях плёнки видны белые пятна, соответствующие структуре бумаги. Элементарный состав этих трёх областей почти одинаков и соответствует составу бумаги, заполненной минералами. При значительном содержании кальция можно сделать вывод, что наполнитель состоит из карбоната кальция или бора. Эти пятна представляют собой агломераты боровых частиц с целлюлозными волокнами.

Просканированы ещё четыре области поверхности, где отсутствовали пятна. В этих областях обнаружено почти одинаковое соотношение атомов углерода и кислорода, что соответствует составу PEVA.

Интерпретация полученных данных следующая: сила сцепления клея PEVA с PP-плёнкой значительно выше, чем с бумагой; при разрыве клей практически полностью остаётся на поверхности плёнки. Адгезионные силы взаимодействия PEVA с поверхностью бумаги сопоставимы с когезионными силами внутри бумажного слоя. В целом разрыв бумажного фрагмента происходит в наименее прочной точке – в местах скопления минерального наполнителя.

Термические свойства образцов исследовались методами термогравиметрии (TGA) и дифференциального термического анализа (DTA). В результате

были получены кривые TGA и DTA для PP-плёнки, полимерного клея и ламинирующих плёнок с клеевым слоем (рис. 7, табл. 2).

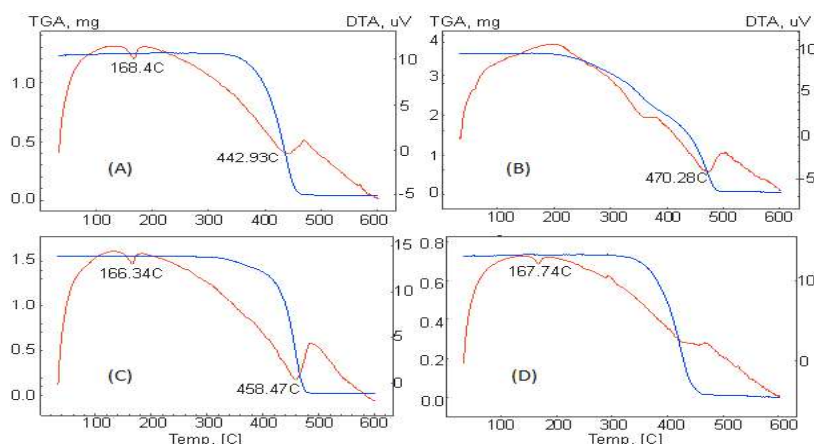


Рис. 7. Кривые TGA и DTA для полипропиленовой плёнки (A), клея PEVA (B), промышленного аналога ламината (C) и экспериментального ламината (D)

PP-плёнка обладает достаточно высокой термоустойчивостью: при температуре от 33 до 342 °С теряется всего 0,33 % массы. В этом диапазоне на кривой DTA наблюдается один эндотермический пик при 168 °С с энергией эффекта –103,2 Дж/г, что соответствует фазовому переходу – плавлению. При температуре выше 342 °С начинается интенсивная потеря массы, и к 469 °С теряется 96% массы образца.

Таблица 2

Экстремальные точки TGA и DTA для PP-плёнки, клея и ламинатов

Точки процесса	TGA			Точки процесса	DTT	
Полипропилен						
Начало, °C	33,21	341,69	469,13	Начало, °C	138,70	344,47
окончание, °C	341,69	469,13	601,69	Пик, °C	168,4	442,93
Потеря массы, %	-0,326	-96,091	-0,896	Окончание, °C	184,42	469,55
	-97,313			Тепловой эффект, Dj/g	-103,20	-952,21
Клей PEVA						
Начало, °C	33,49	200,88	492,44	Начало, °C	380,62	
Окончание, °C	200,88	492,44	601,71	Пик, °C	470,28	
Потеря массы, %	-0,341	-97,472	-0,823	Окончание, °C	496,53	
	-98,636			Тепловой эффект, Dj/g	-317,32	
Промышленный аналог ламината						
Начало, °C	32,47	321,43	481,52	Начало, °C	139,15	373,59
Окончание, °C	321,43	481,52	601,72	Пик, °C	166,34	458,47
Потеря массы, %	-1,289	-96,778	-0,709	Окончание, °C	179,30	484,79
	-98,776			Тепловой эффект, Dj/g	-65,38	-937,49
Экспериментальный ламинат						
Начало, °C	31,87	325,20	466,53	Начало, °C	146,23	
Окончание, °C	325,20	466,53	601,71	Пик, °C	167,74	
Потеря массы, %	-0,959	-97,26	-1,918	Окончание, °C	183,1	
	-99,19			Тепловой эффект, Dj/g	-100,12	

Таким образом, на этом участке происходит полное разрушение РР, сопровождающееся эндотермическим эффектом с пиком при 443 °С и величиной –952 Дж/г. Остаток после прокаливания образца составляет 2,7 % от первоначальной массы.

Кривая TGA клея РЕВА имеет три участка: при 33–201 °С потеря массы незначительная – 0,34%. При 201–492 °С происходит значительная потеря массы – 97,47%; при 492–602 °С снова незначительная потеря массы – 0,82%. Остаток после прокаливания образца составляет 1,3% от первоначальной массы. Плавление РЕВА происходит при 80–85 °С без потери массы, наблюдается незначительный эндотермический эффект. На кривой DTA при 470 °С выявлен пик эндотермической теплоты –317,3 Дж/г, характеризующий полное разрушение образца. Определено, что при температурах выше 85 °С РЕВА переходит в вязко-текучее состояние и выдерживает нагрев до 200 °С.

Кривые TGA и DTA промышленного аналога и экспериментального ламината имеют аналогичное поведение. В первой области кривой DTA промышленный ламинат теряет 1,29% массы до 321 °С, а экспериментальный – 0,96% до 325 °С. На втором участке оба образца подвергаются полному разрушению: для аналога в интервале 321–482 °С теряется 96,78% массы, для экспериментального образца в интервале 325–467 °С — 97,26 %. На кривых DTA обоих образцов при 166–167 °С наблюдается эндотермический пик, соответствующий процессу плавления. У промышленного ламината второй эндотермический пик при 458 °С с тепловым эффектом –937,5 Дж/г; у экспериментального образца этот пик несколько сглажен, вероятно, за счёт впитывания клеевого раствора в поверхностную молекулярную структуру РР-плёнки.

Адгезионная прочность между слоями является основным показателем качества клеевого соединения. Адгезионная прочность определялась как сила отслаивания слоёв в ламинированном картоне (рис. 8).

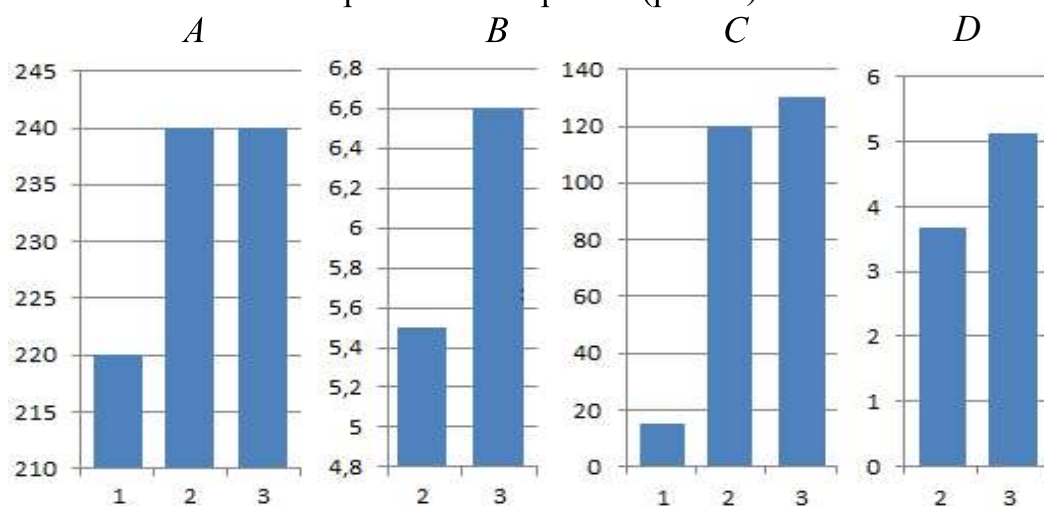


Рис. 8. Физико-механические свойства картона (1), промышленного образца (2) и экспериментального образца (3): *A* – плотность поверхности, *B* – г/м²; адгезионная прочность, Н; *C* – устойчивость к двусторонней складке; *D* – прочность на разрыв, кПа·м²/г

Как видно из рис. 8, промышленный и экспериментальный ламинированный картон имеют одинаковую плотность поверхности, которая примерно на 9% выше по сравнению с обычным картоном. При этом по основным физико-механическим показателям экспериментальный картон явно превосходит промышленный образец. Вероятно, решающую роль сыграло использование PEVA-раствора для склеивания слоёв в экспериментальном образце. Раствор частично растворяет поверхность PP-плёнки и одновременно проникает в микропоры картона.

Для образца, полученного с использованием раствора PEVA, были определены некоторые ключевые показатели ламинированной бумаги (табл. 3).

Таблица 3

Физико-механические свойства ламинированной бумаги

Образец	Поверхностная плотность, g/m^2	Прочность к изгибу, кол. двойных перегибов	Стойкость к продавливанию, $\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$
Бумага без ламината	220 ± 3	15	-
Ламинированная аналогом бумага	240 ± 4	Свыше 100	$3,68 \pm 0,06$
Ламинированная бумага	245 ± 4	Свыше 100	$5,12 \pm 0,06$

Полученные данные показали явное преимущество глянцевого ламинирования бумаги с использованием раствора клея PEVA- и PP-плёнки.

В четвёртой главе диссертационной работы под названием **«Анализ влияния ламинационной плёнки на колористические параметры оттиска»** рассматриваются печатно-технические свойства ламинированной продукции. Как известно, в любой области полиграфии точная передача цветов является одним из основных требований для качественной печати изображений. После ламинирования и печати другие операции, выполняемые на изделии, считаются декоративными и защитными элементами и не должны негативно влиять на восприятие изображений.

При офсетной печати печатающие и промежуточные элементы располагаются в одной плоскости, но соответствуют различным материалам с разными физико-химическими свойствами поверхности (например, алюминий и полимерное покрытие). В процессе печати участки, на которые не должна ложиться краска, предварительно смачиваются, чтобы краска их не захватывала. Затем краска наносится на печатную форму и прилипает только к печатающим элементам.

Для анализа печатно-технических свойств была проведена оценка цветовых различий. Цветовое различие – это показатель изменения цветов на отпечатке по сравнению с оригиналом, который обычно оценивается с помощью параметра ΔE в цветовой модели CIE Lab*. Цветовое пространство CIE Lab* состоит из трёх измерений: L^* (светлота), a^* (ось зелёная–красная) и b^* (ось синяя–жёлтая). Таким образом, цвета формируются в трёхмерном пространстве

на отпечатке, и, как отмечалось, прозрачная плёнка и клеи, покрывающие цветные краски, оказывают влияние на оптические показатели цветов.

После ламинирования для контроля изменений цвета использовались стандартные тестовые элементы (рис. 9). Для печати контрольных элементов была выбрана обложечная бумага плотностью 220 г/м².

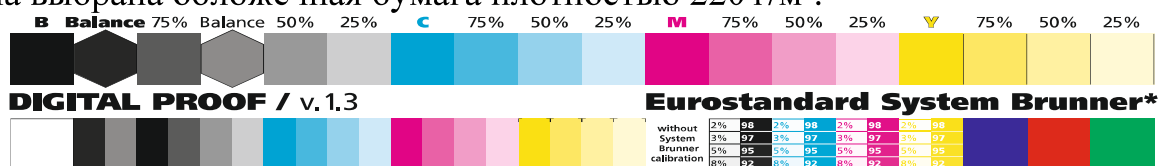


Рис. 9. Контрольная шкала

Для анализа параметра цветового различия при разных методах ламинирования использовались отпечатки, выполненные методом офсетной печати, с оценкой по значению ΔE . На обложечной бумаге плотностью 220 г/м² при глянцево ламинировании для голубой краски значение ΔE оставалось почти постоянным на контрольных образцах и на неламинированной бумаге составляло 4,0. Для аналогового варианта после глянцевого ламинирования диапазон изменения цвета для голубой краски составил 3,6–3,8.

Для красной краски при офсетной печати значение ΔE без ламинирования составляло 2,3, а после ламинирования изменялось в диапазоне 2,4–2,7. Для жёлтой краски изменение ΔE без ламинирования составляло 3,2–3,3, а после ламинирования – 4,2–4,4. Для чёрной краски ΔE без ламинирования составляло 6,5, а после глянцевого ламинирования – 6,2–6,3.

Полученные результаты указывают на влияние использования аналогового и экспериментального ламината на цветовые различия (ΔE) офсетных отпечатков (табл. 4).

Таблица 4

Значения цветового различия (ΔE) при различных вариантах ламинирования

Цветовое различие ΔE		Варианты ламинирования			
		Аналог		Экспериментальный	
		до	после	до	после
Cyan	min	4,0	3,6	3,8	4,0
	max	4,0	3,8	3,8	4,2
Magenta	min	2,3	2,4	3,1	3,3
	max	2,3	2,7	3,1	3,5
Yellow	min	3,2	4,2	3,4	3,7
	max	3,3	4,4	3,5	4,2
Black	Min	6,5	6,2	5,4	5,2
	Max	6,5	6,3	5,4	5,7

Результаты исследования использования аналоговых ламинатов показали, что за исключением чёрной краски значения ΔE для всех цветов находятся в допустимом диапазоне, т.е. ниже 5. Это вполне закономерно как до ламинирования, так и после него. Наряду с этим было выявлено, что для голубой и чёрной красок значения ΔE до ламинирования были выше, тогда как после ламиниро-

вания показатели цветовых различий для этих двух красок значительно снизились.

С помощью математического моделирования были определены рациональные параметры ламинирования: концентрация PEVA – 12%, температура – 110 °С, толщина клеевого слоя – 0,2 мм.

Для определения прочностных свойств печатной бумаги, ламинированной полипропиленовой плёнкой, была проведена аналитическая оценка состояния напряжённости при отделении плёнки от ламинированной бумаги.

При рассмотрении особенностей отделения плёнки при растяжении образцов установлено, что данный дифференцированный подход позволяет косвенно оценить прочность адгезионного сцепления, возникающего между плёнкой и бумагой в процессе ламинирования.

Например, если при растяжении образца отделение плёнки происходит вместе с клеевым слоем, можно предполагать, что относительная сила растяжения $R'=R/b$ (N/mm) меньше адгезионной силы между плёнкой и клеем F'_{ad} (рис. 10, 11).

$$P' < F_1; P' > F_2 \quad (1)$$

Так как $R'=P/b=(5,6-8,7)/50=0,112-0,174$ N/mm, можно сделать вывод, что относительная адгезионная сила между плёнкой и клеем F_1 больше значений данного диапазона, т.е.

$$F_1 > 0,112-0,174 \text{ N/mm} \quad (2)$$

При этом следует отметить, что адгезионная сила также больше адгезионной силы между бумагой и клеем F_2 :

$$F_1 > F_2 \quad (3)$$

В случае, когда отделение плёнки происходит без клеевого слоя, относительная сила растяжения R' будет больше адгезионной силы между плёнкой и клеем F_1 :

$$P' > F_1; P' < F_2 \quad (4)$$

Тогда выполняется условие

$$F_1 < F_2 \quad (5)$$



Рис. 10. Состояние внутренней поверхности бумаги, покрытой полипропиленовой плёнкой, в процессе испытания образцов на растяжение

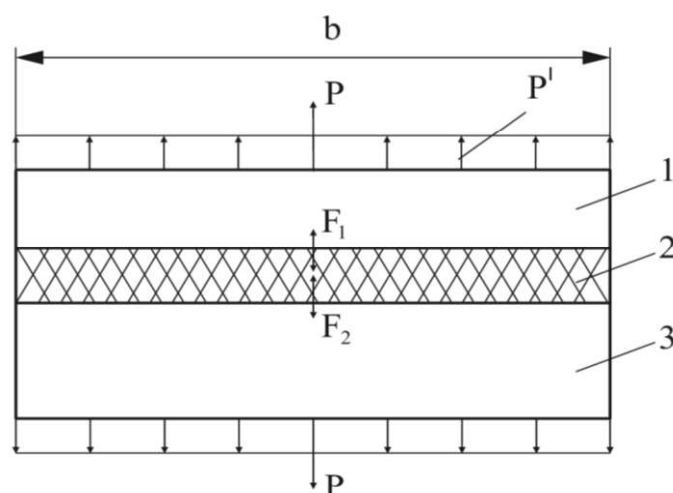


Рис. 11. Поперечное сечение образца ламинированной бумаги, на который приложена растягивающая сила РРР вдоль оси: 1 – полипропиленовая плёнка; 2 – клей РЕVА; 3 – бумага

Экономическая эффективность внедрения новой технологии производства печатной продукции, которая позволяет снизить расход электроэнергии, материалов и трудозатраты, рассчитывалась на основе действующей «Методики определения экономической эффективности внедрения в народное хозяйство новой техники, новшеств и рационализаторских предложений».

Годовая экономическая эффективность рассчитывалась в соответствии с данной методикой путем сравнения изменяющихся расходов в базовом и предлагаемых технологических вариантах.

Согласно действующей методике, экономическая эффективность внедрения нового средства труда (машины, инструмента и др.) при его производстве и использовании определяется по следующей формуле:

$$E = \left[Z_1 \cdot \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I'_1 - I'_2) - E_n(K'_2 - K'_1)}{R_2 + R_n} - Z_2 \right], \quad (6)$$

где Z_1 , Z_2 – приведённые затраты на единицу продукции для старого и нового инструмента/оборудования, тыс. сум.; $\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$ – коэффициент сравнения

производительности нового инструмента с прежним; ϵ_1 , ϵ_2 – соответственно производительность базового и нового инструмента/оборудования; $\frac{R_1 + E_n}{R_2 + E_n}$ – коэффициент, учитывающий срок службы оборудования по сравнению с базовым вариантом; R_1 , R_2 – доля амортизации базового и нового оборудования с учётом морального износа; E_n – нормативный коэффициент эффективности, $E_n = 0,15$; K'_1 , K'_2 – сумма капитала, вложенного потребителем в базовое и новое оборудование; I'_1 , I'_2 – годовые эксплуатационные расходы потребителя при использовании базового и нового оборудования в предлагаемых вариантах.

В данном диссертационном исследовании экономическая эффективность внедрения основывается на денежном потоке, покрывающем все затраты, связанные с закупкой, транспортировкой, установкой оборудования и его эксплуатацией.

Необходимые данные для выполнения расчетов приведены в табл. 5, 6.

Таблица 5

**Необходимые данные для расчета экономической эффективности
внедрения производства местных плёнок**

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Варианты	
			базис	предла- гаемый
1	2	3	4	5
1	Годовой объем производства	кг	9 000	9 000
2	Количество установленного оборудования	шт.	1	1
3	Расход материалов на 1 кг продукции	сум.	46 000	24 000
4	Амортизационные отчисления на оборудование	%	15	15
5	Отчисления на текущее обслуживание	%	5	5
6	Затраты на транспортировку и монтаж	%	10	10
7	Потребляемая мощность оборудования	кВт	15	15
8	Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	сум.	1 350	1 350
9	Плата за установленную мощность	сум.	38 600	38 600
10	Установленный размер минимальной заработной платы для расчетов	сум.	1 155 000	1 155 000
11	Отчисления на социальное страхование	%	12	12

Таблица 6

**Расчет приведенных и эксплуатационных затрат по базовому и
предлагаемому вариантам, тыс. сум.**

№	Параметры	Варианты	
		базис	предлагаемый
1	Стоимость оборудования до модернизации	1 831 820	1 831 820
2	Затраты на доставку и установку оборудования	183 182	183 182
3	Прямые капитальные затраты	1 591 852	1 591 852
4	Затраты на НИОКР	-	4 300
5	Капитальные вложения в производственные фонды для создания оборудования	1 591 852	1 596 152
6	Затраты на подготовку оборудования	2 253 780	2 254 425
7	Эксплуатационные расходы, всего	867 407	773 875
	в том числе:		
	– амортизационные отчисления	302 250	302 895
	– текущее обслуживание (ремонт)	100 750	100 965
	– стоимость потребляемой электроэнергии	50406	50406
	– расход материалов	414 000	319 608

Полученные данные, подставленные в формулу (6), показывают, что при внедрении новой оснастки для производства местных пленок в процессе ламинирования в типографии годовая экономическая эффективность составит:

$$E_y = 2253780 * 1,0 * 1,0 \\ + \frac{(867407 - 773875) - 0,15 \cdot (201930,2 - 201500,2)}{0,164 + 0,15} - 2254425 \\ = 297022 \text{ тыс. сум.}$$

Таким образом, годовой экономический эффект от внедрения производства местных плёнок, применяемых в процессе ламинирования при изготовлении издательской и упаковочной продукции, составит 297022 тыс. сумов, или 33002 сума на 1 килограмм продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследования, проведенного по теме диссертации «Обоснование параметров процесса ламинирования издательской и упаковочной продукции при использовании (со)полимера этилена» сформулированы следующие выводы:

1. Раскрыты возможности ламинирования полиграфической продукции с использованием этилен(со)полимера и клея PEVA, производимых в местных условиях. Установлено, что при использовании PEVA прочность адгезии при отслаивании пленки с поверхности бумаги увеличилась на 3% по сравнению с контрольным образцом. При концентрации PEVA 11% прочность клеевой связи достигла максимума. Дальнейшее увеличение концентрации полимера не приводило к росту прочности. Адгезионная прочность полученного образца пленки оказалась на 20% выше, чем у промышленного аналога.

2. Отмечено, что отсутствие новых интенсивных полос поглощения в ИК-Фурье-спектрах ламинированных образцов свидетельствует о том, что в процессе ламинирования не происходит химического взаимодействия между компонентами, а формируется адгезионное сцепление. Рациональные параметры ламинирования в данных условиях следующие: концентрация PEVA – 12 %, температура – 110 °С, толщина клеевого слоя – 0,2 мм.

3. Клеевым составом обеспечены высокая адгезионная прочность между пленкой и картоном (6,6 N), стойкость к многократной двухсторонней сгибаемости (более 120 циклов) и сопротивление разрыву (5,12 кПа·м²/г). Физико-механические показатели полученного ламинированного картона оказались на 10–30% выше по сравнению с промышленным аналогом.

4. Анализ изменения цветовых параметров на цветных образцах, ламинированных опытными и промышленными пленками, показал, что значения ΔE не превышали допустимых диапазонов, установленных стандартом ISO 12647-2 (4–8 в зависимости от краски, метода печати и бумаги). Следовательно, опытные пленки пригодны для ламинирования полиграфической продукции.

5. Расчёт эксплуатационных расходов по базовому и предлагаемому вариантам позволил определить годовую экономическую эффективность внедрения новых материалов в производство, которая составила 33 002 тыс. сум. на 1 тонну ламинационной пленки.

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

TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

TURAYEV FAZLIDDIN

**JUSTIFICATION OF LAMINATION PROCESS PARAMETERS FOR
PRINTED PRODUCTS USING ETHYLENE (CO)POLYMERS**

05.02.03 – Technological machines. Robots, mechatronics and robotic systems

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

Tashkent – 2026

The theme of doctor of philosophy (PhD) of technical science dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan under number B2025.2.PhD/T5667.

The dissertation was completed at Tashkent Institute of textile and light industry.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is posted on the Scientific Council's under the Tashkent Institute of textile and light industry (www.ttyisi.uz) and on the website of Ziyonet Information and education portal (www.ziyonet.uz).

Scientific advisor:

Rafikov Adham Salimovich

doctor of chemical sciences, professor

Official opponents:

Baxadirov Gayrat Ataxanovich

Doctor of technical sciences, professor

Aliyeva Nargiza Baxtixoziyevna

Doctor of philosophy (PhD in technical sciences), docent

Leading organization:

Bukhara State Technical University

The defense of the dissertation will take place on 27th August 2026 year at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.03/2025.27.12.T.21.01 at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Address: 100100, Tashkent, Yakkasaray district, Shohjahon-5, administrative building of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, 2nd floor, 222 audience, tel. (+99871) 253-06-06, 253-08-08, fax 253-36-17, e-mail: titlp_info@edu.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (registered No. 104). Address: Shohjahon St.5, Tashkent, tel. (+99871) 253-08-08.

The abstract of the dissertation was distributed on August 5, 2026..

(Registry Protocol No. 307 of August 5, 2026).



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 doctor of philosophy (PhD) thesis)

The aim of the study is to substantiate the lamination parameters for printing and packaging products based on ethylene (co)polymer films and adhesives.

The research objects include locally produced ethylene (co)polymer lamination films and EVA adhesives, as well as laminated printed copies produced with them.

The scientific novelty of the research is as follows:

it has been established that a solution of ethylene-vinyl acetate copolymer containing both polar and nonpolar functional groups exhibits higher adhesive properties compared to existing polymer melts used for laminating publishing and packaging products with polyolefin film;

it has been determined that the ethylene units of the ethylene-vinyl acetate macromolecule provide physicochemical and thermodynamic affinity with the polyolefin lamination film, while the vinyl acetate units, due to their physicochemical and thermodynamic affinity with paper cellulose, perform the function of bonding the material layers;

it has been proven that the developed interrelated parameters of the factors “composition – temperature – speed – time” for laminating publishing and packaging products ensure strong and stable adhesion of printing inks to the laminated product;

it has been proven that the interlayer morphology of the laminate is formed as a result of sorption and diffusion of the EVA adhesive solution in a xylene-toluene mixture into the microstructure of the paper surface, as well as partial dissolution of the polymer film, which leads to a functional change in the adhesion-cohesion balance.

Implementation of the research results

Based on the scientific results aimed at obtaining polymeric lamination materials, applying them in the production of publishing and packaging products, and substantiating process parameters:

a polypropylene film produced under local conditions was implemented into production at "MAYA PLAST" LLC and the printing house of JSC "SHARQ" (Reference No. 2/21-146 issued by the Publishing and Printing Joint-Stock Company "SHARQ" on November 5, 2025). As a result, the lamination quality of publishing and packaging products was improved, and a 29% reduction in material prime cost was achieved through production localization.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 104 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Turayev F.M., Eshbayeva U.J., Djalilov A.A., Safayeva D.R. Mathematical Modeling of Ink Transition of Print Product // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. Scopus indexed. Vol. 08. – 2021. – Issue 01. – P. 709–717 (05.00.00) <https://sdbindex.com/Documents/index/00000178/00000-82024>.

2. Turayev F.M., Rafikov A.S., Djalilov A.A. Polipropilen plyonkasi bilan laminatsiyalangan kartonning termik va fizik-mexanik xossalari // Guliston Davlat universiteti axborotnomasi. – 2024. – №1. – 9–18 b. (03.00.00; №3) https://images.guldu.uz/guldu/2024/05/27/2024_1_1.pdf.

3. Тураев Ф.М., Рафиков А.С., Джалилов А.А. Ламинирование бумаги и картона полипропиленовой пленкой с помощью клеевого раствора // Текстильный журнал Узбекистана. – 2024. – №2. – С. 131–138 (05.00.00; №17) <https://ttsyi.uz/storage/uploads/docs/tBuowzNqB4ouqEHq81d51t5G2nVNwjDsN0FzrTx3.pdf>.

4. Turaev F.M., Rafikov A.S., Djalilov A.A., Ibodulloyev B.Sh. Microstructure, morphology and properties of printing paper laminated with polypropylene film // Journal of Print and Media Technology Research. Scopus and WoS indexed. Vol. 13. – 2024. – No. 3. – P. 127–134 (05.00.00) <https://www.jpmttr.org/index.php/journal/article/view/169>.

5. Тураев Ф.М., Сафаева Д.Р. Тенденции упаковочной продукции на мировом рынке // Universum: технические науки. – 2022. – №10 (103). – С. 55–59 (02.00.00; №1) <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14422>.

6. Тураев Ф.М., Сафаева Д.Р., Исаев Р.А., Ташмухамедова Ш.Б. Экономическая эффективность производства полимерной упаковочной продукции в Узбекистане // Universum: технические науки. – 2023. – №6 (111). – С. 60–64 (02.00.00; №1) <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15694>.

7. Turayev F.M., Safayeva D.R., Abdullayev S.B. Polipropilen plyonkalarga chop etishda fizik-mexanik xossalarni tadqiq qilish // Guliston Davlat universiteti axborotnomasi. – 2023. – №1. – 3–6 b. (03.00.00; №3) https://images.guldu.uz/guldu/2023/03/31/2023_1_2.pdf.

8. Turayev F.M., Safayeva D.R. Ishlab chiqarilgan mahsulot muvaffaqiyatiga ta'sir qiluvchi omillar // Guliston Davlat universiteti axborotnomasi. – 2024. – №1. – 347–350 b. (03.00.00; №3) https://images.guldu.uz/guldu/2024/08/14/2024_1_2.pdf.

II bo'lim (II часть; II part)

9. Turayev F.M., Djalilov A.A. “Sharq” NMAK sharoitida termo yelim bilan mahkamlash usullarini tahlil qilish // “Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya mahsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya

materiallari to'plami. Namangan. 23–24 noyabr 2021. –467–469 b
https://uniwork.buxdu.uz/resurs/7822_1_58FFF993368F7C6F475D0336C32E412B005E370F.pdf.

10. Turayev F.M., Djalilov A.A., Safayeva D.R. Turli qog'ozlarda bo'yoq ko'chirish jarayonini modellashtirish // "Paxta tozalash, to'qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish texnika-texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g'oyalari va ishlanmalari". Respublika ilmiy – amaliy anjumani. –Toshkent. 20–21 oktabr 2021. –233–235 b.

11. Turayev F.M., Djalilov A.A., Abduazimov F.A. Lamination of paper and cardboard with polypropylene film using an adhesive solution // London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. Vol. 2. – London. – 2025. – No. 1. – P. 645–656
<https://worldsciencepub.com/index.php/lmc/article/view/631>.

12. Turayev F.M., Djalilov A.A., Abduazimov F.A. Thermal properties of cardboard laminated with polypropylene film // Innovations in Science and Education System. International Conference. Dehli. –2025. –P. 366–369
<https://ejimr.org/conferences/index.php/eimrc/article/view/1505>.

13. Тураев Ф.М., Джалилов А.А., Балтабаева Б.Ю. Поверхностная обработка композиционных бумаг // "Fan, ta'lim, ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida paxta tozalash, to'qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish innovatsion texnologiyalari dolzarb muammolari va ularning yechimi" Respublika ilmiy – amaliy anjumani. –Toshkent. 21–22 aprel 2021. –24–26 b.

14. Turayev F.M., Eshbayeva U.J., Djalilov A.A., Safayeva D.R. Color coordinates and color coverage assessment of color images Printed on the surface of multi-layer packaging papers // Journal of hunan university (natural sciences). Vol. 48. – 2021. –No. 12. – P. 1659–1667.

15. Тураев Ф.М., Ешбаева У.Ж. Поверхностная обработка бумаги для тароупаковочной продукции с акриловой эмульсией // "Актуальные проблемы современной науки, техники и образования". Программа 79-й Международной научно-технической конференции. –Магнитогорск, 2021. 19–23 апреля
<https://apmste.magtu.ru/downloads/programma-79-ntk.pdf>.

16. Тураев Ф.М., Ешбаева У.Ж., Джалилов А.А. Цифровые технологии допечатного производства // Маводҳои конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ Татбиқи технологияҳои иттилоотӣ телекоммуникатсионӣ дар ташаккули ҳукумати электронӣ ва саноатикунӣ кишвар". – Dushanbe, 7-may 2020. –41–44 b.

17. Turayev F.M., Eshbayeva U.J., Djalilov A.A., Nishonov A.M. Gofrlangan karton mahsuloti uchun tanlangan qog'ozlarning yuza g'adur-budurligini aniqlash // Qo'qon DPI ilmiy xabarlar. – 2022. – № 3 (7). –161–164 b.

18. Turayev F.M., Eshbayeva U.J., Safayeva D.R. Polimer materiallarni metallashtirish jarayonlari // "Fan, ta'lim, ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida paxta tozalash, to'qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish innovatsion texnologiyalari dolzarb muammolari va ularning yechimi". "Respublika ilmiy – amaliy anjuman materiallar to'plami". –Toshkent. 18-19-may 2022.–55–57 b.

19. Turayev F.M., Eshbayeva U.J., Safayeva D.R. Ko‘p qatlamli polimer material olish uchun plyonkani metallashtirish // “To‘qimachilik va yengil sanoat sohasida innovatsion texnologiyalarini joriy etishda oliy ta’lim va ishlab chiqarish korxonalarining tutgan o‘rni” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Termiz. 29-30-aprel 2022. – 218–221 b.

20. Turayev F.M., Safayeva D.R., Bulanov I.A. Chuqur bosma usulida chop etilgan plyonkalar tahlili // “Paxta tozalash, to‘qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish sohasida fan va ta’lim integratsiyalashuvini rivojlantirish tendensiyalari” Respublika miqiyosidagi ilmiy-amaliy anjuman. –Toshkent. 17-18-may 2023. –366-368 b.

21. Turayev F.M., Safayeva D.R., Bulanov I.A. Polipropilen va polietilenning o‘rash-qadoqlash mahsulotlarini ishlab chiqarishda qo‘llanilishi // “Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyo-texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion yechimlari” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. –Namangan. 6-7 noyabr 2023 yil. –472–475 b
https://www.researchgate.net/publication/374776522_Konferensiya_to'plami_2023_Namangan.

22. Turayev F.M. Safayeva D.R., Bulanov I.A. Polietilen va polipropilenni laminirlash yo‘li bilan kompozitsion materiallar olish // “Soha korxonalari uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda dual ta’limning o‘rni hamda fan, ta’lim, ishlab chiqarish klisterlarini rivojlantirishda innovatsion yondashuvlar” Xalqaro miqiyosdagi ilmiy-amaliy anjumani. –Toshkent. 28-noyabr 2023. –34–36 b.

Avtoreferat “O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali” ilmiy-texnikaviy jurnali
tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari
mosligi tekshirildi (20.05.2026)

Bosishga ruxsat etildi: 03.08.2026 yil.
Bichimi 60x45 1/8, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3.25. Adadi: 60 nusxa. Buyurtma: №40.
TTYSI bosmaxonasida chop etildi.
100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Shoxjahon ko‘chasi, 5-uy