ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 10

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 655.326.1:676.034.2:678.7

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК НА ТРЕППИНГ И ЦВЕТОВОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПРИ ФЛЕКСОГРАФСКОЙ ПЕЧАТИ

Хакимова Диёра Тулкин кизи
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан
E-mail: diyora99xakimova@gmail.com
Джалилов Анвар Абдугафарович
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан
E-mail: anvar-matbaa@mail.ru
Исроилова Мохинур Сайдали кизи
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан
Tel:+998908216611

Аннотация. В статье исследовано влияние свойств биоразлагаемых пленочных материалов на треппинг и цветовое воспроизведение при флексографской печати УФ-отверждаемыми красками. Объектами исследования являлись пленки на основе полиэтилена, прооксидантной добавки и термопластичного крахмала. Печать выполнялась на машине Mark Andy P4 в последовательности Y → M → C → K. Для оценки печатных свойств определяли контактный угол, оптическую плотность, треппинг бинарных наложений C+M, C+Y, M+Y, координаты CIE L*a*b* и цветовой охват. Наиболее стабильный треппинг получен для образца №2: C+M — 103,3%, C+Y — 100,3%, M+Y — 100,5%. Этот образец также характеризовался лучшей смачиваемостью и наибольшим цветовым охватом. Образец №3 с 30% термопластичного крахмала показал пониженную смачиваемость и нестабильный треппинг C+M — 179,4%.

Ключевые слова: флексографская печать, треппинг, биоразлагаемые пленки, УФ-краски, контактный угол, смачиваемость, CIE L*a*b*, цветовой охват, оптическая плотность.

Abstract. The article investigates the influence of the properties of biodegradable film materials on trapping and color reproduction in flexographic printing with UV-curable inks. The objects of the study were films based on polyethylene, a pro-oxidant additive, and thermoplastic starch. Printing was carried out on a Mark Andy P4 press in the Y → M → C → K ink sequence. To evaluate the printing properties, contact angle, optical density, trapping of binary overprints C+M, C+Y,

ISSN 3030-3907

M+Y, CIE L*a*b* coordinates, and color gamut were determined. The most stable trapping values were obtained for sample No. 2: C+M — 103.3%, C+Y — 100.3%, and M+Y — 100.5%. This sample was also characterized by better wettability and the largest color gamut. Sample No. 3 with 30% thermoplastic starch showed reduced wettability and unstable trapping for C+M — 179.4%.

Keywords: flexographic printing, ink trapping, biodegradable films, UV-curable inks, contact angle, wettability, adhesion, CIE L*a*b*, color gamut, optical density.

Annotatsiya. Maqolada UV-qotuvchi bo‘yoqlar bilan fleksografik bosmada biologik parchalanadigan plyonka materiallari xususiyatlarining trepping va rangni qayta tiklashga ta’siri o‘rganilgan. Tadqiqot obyekti sifatida polietilen, prooksidant qo‘shimcha va termoplastik kraxmal asosidagi plyonkalar tanlangan. Bosma jarayoni Mark Andy P4 uskunasida Y → M → C → K bo‘yoq ketma-ketligida amalga oshirilgan. Bosma xossalarini baholash uchun kontakt burchagi, optik zichlik, C+M, C+Y, M+Y binar qatlamlarining trepping ko‘rsatkichlari, CIE L*a*b* koordinatalari va rang qamrovi aniqlangan. Eng barqaror trepping ko‘rsatkichlari 2-namunada olindi: C+M — 103,3%, C+Y — 100,3%, M+Y — 100,5%. Ushbu namuna yaxshi namlanish xususiyati va eng katta rang qamrovi bilan ham ajralib turdi. 30% termoplastik kraxmal saqlagan 3-namuna esa pastroq namlanish va C+M — 179,4% bo‘yicha beqaror trepping ko‘rsatkichini namoyon qildi.

Kalit so‘zlar: fleksografik bosma, trepping, biologik parchalanadigan plyonkalar, ultrabinafsha bo‘yoqlar, kontakt burchagi, namlanish, CIE L*a*b*, rang qamrovi, optik zichlik.

ВВЕДЕНИЕ.

Флексографская печать является одним из основных способов нанесения изображения на упаковочные пленочные материалы благодаря возможности печати на широком диапазоне полимерных субстратов, использованию гибких печатных форм, анилоксовых валов и маловязких красок [1]. В условиях роста спроса на экологически ориентированные упаковочные материалы особое значение приобретает исследование печатно-технических свойств биоразлагаемых и модифицированных пленок, которые должны обеспечивать не только требуемые эксплуатационные свойства, но и стабильное качество печати.

Пленочные материалы являются невпитывающими субстратами, поэтому качество закрепления краски на их поверхности во многом определяется смачиваемостью, поверхностной энергией, адгезией красочного слоя и стабильностью краскопереноса. Для флексографской

ISSN 3030-3907

печати на пленках особенно важны контактный угол, оптическая плотность оттиска и размерная стабильность материала, поскольку избыточное растяжение пленки может нарушать совмещение красок [2].

Треппинг является важным показателем качества многокрасочной печати и характеризует способность последующей краски переноситься и закрепляться на ранее нанесенном красочном слое. От его стабильности зависит формирование вторичных цветов, равномерность наложений и точность цветопередачи. На величину треппинга влияют свойства краски, субстрата и условия межслойного краскопереноса [3].

Для флексографской печати важное значение имеют технологические параметры процесса: температура и вязкость краски, скорость печати, характеристики печатной формы и анилоксового вала. Эти факторы влияют на стабильность краскопереноса, оптическую плотность оттиска и показатели треппинга [4, 5].

Целью настоящей работы является исследование влияния состава экспериментальных пленочных материалов на треппинг УФ-красок при флексографской печати с учетом порядка наложения красок и колориметрических характеристик оттисков.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве объектов исследования были использованы четыре вида экспериментальных пленочных материалов, разработанных специалистами Института химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан. Образец №1 представлял собой полиэтиленовую пленку; образец №2 — полиэтиленовую пленку с содержанием 3% прооксидантной добавки; образец №3 — пленку на основе полиэтилена с 30% термопластичного крахмала; образец №4 — пленку на основе полиэтилена с 30% термопластичного крахмала и 1% прооксидантной добавки. Все образцы были получены методом экструзии в виде рулонов шириной 275 мм.

Перед печатью поверхность пленок подвергали коронной обработке на установке CW 3008 CORONA TREATER с целью повышения поверхностной энергии, улучшения смачиваемости и адгезии печатной краски [1]. Печатный процесс осуществляли в производственных условиях на флексографской печатной машине Mark Andy P4. В работе использовали анилоксовый вал с линиатурой 400 лин/см и объемом ячеек 3,2 мл/м². Давление анилоксового вала составляло 300 Н, скорость печати — 0,3 м/с. Печать выполняли УФ-отверждаемыми красками CMYK. Печатная форма была изготовлена по технологии CTP с применением фотополимерных форм DuPont [2].

ISSN 3030-3907

Треппинг рассчитывали денситометрическим методом по формуле Preucil, основанной на сравнении оптической плотности первого красочного слоя, второго красочного слоя и зоны их бинарного наложения[6].

$$T(\%) = \frac{D_{12} - D_1}{D_2} \times 100$$

Где: Т-треппинг, %; D_1 — оптическая плотность первой краски, нанесенной на пленку;

D_2— оптическая плотность второй краски, нанесенной отдельно на пленку;

D_{12}— оптическая плотность бинарного наложения первой и второй красок.

Поскольку печать выполнялась в последовательности Y → M → C → K (рис. 1), при расчете учитывали фактический порядок нанесения красок: для M+Y первой краской являлась Yellow, второй — Magenta; для C+Y первой краской являлась Yellow, второй — Cyan; для C+M первой краской являлась Magenta, второй — Cyan.

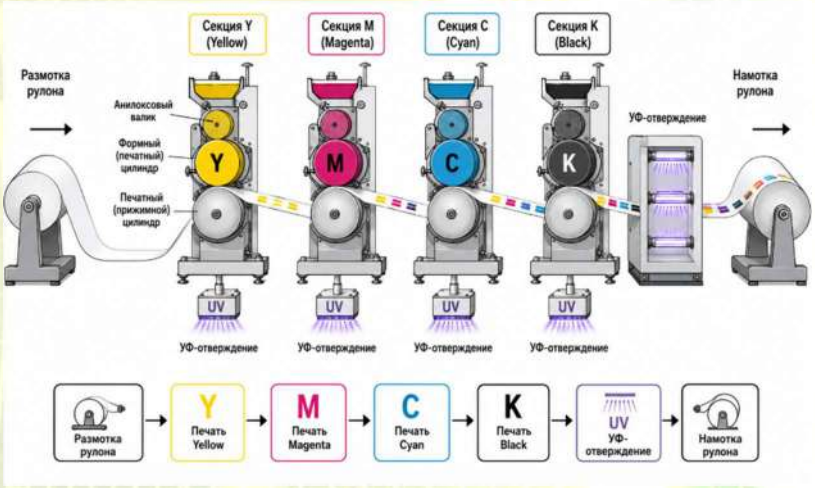


Рисунок 1. Схема последовательности печатных секций флексографской машины при нанесении красок в порядке Y→M→C→K

Данная последовательность имеет принципиальное значение для анализа треппинга, поскольку каждый последующий красочный слой взаимодействует не с исходной поверхностью пленки, а с уже нанесенной краской.

Смачиваемость поверхности пленочных материалов оценивали методом статического контактного угла [1–3]. На поверхность каждого образца наносили каплю дистиллированной воды, после чего изображение капли фиксировали в боковой проекции. Контактный угол определяли по цифровому изображению как угол между касательной к профилю капли и поверхностью пленки [2, 3]. Для каждого образца рассчитывали среднее значение контактного угла. Полученные данные использовали для анализа

ISSN 3030-3907

влияния смачиваемости поверхности на формирование красочного слоя и стабильность треппинга, поскольку поверхностные свойства полимерных пленок оказывают существенное влияние на растекание и адгезию флексографских красок [7,8].

Колориметрические измерения проводились с использованием спектрофотометра X-Rite eXact-2. Измерения выполнялись 10 раз на различных участках каждого отпечатанного образца при следующих условиях: источник света D50, стандартный наблюдатель 2° и фильтр M1.

Координаты CIE L*, a*, b* измерялись на плашечных участках каждого отпечатанного образца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ.

Результаты теста смачиваемости показывают, что состав пленки существенно влияет на контактный угол дистиллированной воды (табл. №1). Чем меньше контактный угол, тем лучше поверхность смачивается жидкостью, следовательно, тем благоприятнее условия для равномерного распределения печатной краски [5].

Таблица 1

Контактный угол и характер смачиваемости исследуемых пленок

Образец	Контактный угол	Характер смачиваемости
№1	68 ± 3	средняя
№2	58 ± 3	хорошая
№3	82 ± 4	пониженная
№4	72 ± 3	средняя

Анализ данных таблицы показывает, что наилучшая смачиваемость поверхности характерна для образца №2, контактный угол которого составил 58 ± 3°. Данный образец содержит 3% прооксидантной добавки, что, вероятно, способствует повышению активности поверхностного слоя после коронной обработки и улучшает взаимодействие пленки с жидкостью. Образец №1, представляющий собой полиэтиленовую пленку, показал среднюю смачиваемость при контактном угле 68 ± 3°. Наибольшее значение контактного угла было получено для образца №3 — 82 ± 4°, что свидетельствует о пониженной смачиваемости. Это может быть связано с введением 30% термопластичного крахмала, изменяющего микроструктуру и однородность поверхности пленки. Образец №4, содержащий термопластичный крахмал и прооксидантную добавку, занял промежуточное положение: контактный угол составил 72 ± 3°. Следовательно, прооксидант

ISSN 3030-3907

частично улучшает смачиваемость крахмалсодержащей пленки, однако влияние термопластичного крахмала сохраняется.

Полученные результаты смачиваемости показывают, что состав пленки влияет на условия формирования первого красочного слоя. Однако для оценки многокрасочной флексографской печати одного показателя контактного угла недостаточно, поскольку качество вторичных цветов определяется также способностью последующей краски переноситься на ранее нанесенный красочный слой. Поэтому следующим этапом был проведен расчет треппинга для бинарных наложений C+M, C+Y и M+Y(табл. №2).

Таблица 2

Показатели треппинга бинарных цветовых наложений на исследуемых пленках

Образец	C+M / синий, %	C+Y / зеленый, %	M+Y / красный, %
№1	106,5	106,8	97,7
№2	103,3	100,3	100,5
№3	179,4	109,4	121
№4	117,1	100,1	114,3

Анализ данных таблицы 2 показывает, что наиболее стабильные значения треппинга получены для образца №2, который ранее также характеризовался наилучшей смачиваемостью поверхности. Значения треппинга для данного образца составили 103,3% для C+M, 100,3% для C+Y и 100,5% для M+Y, что указывает на равномерный межслойный краскоперенос. Наоборот, образец №3, имеющий наибольший контактный угол и пониженную смачиваемость, показал наиболее нестабильный треппинг, особенно для наложения C+M, где показатель достиг 179,4%. Это подтверждает, что ухудшение смачиваемости поверхности может приводить к нестабильному формированию красочного слоя и нарушению равномерности наложения красок.

Показатели треппинга позволяют оценить эффективность межслойного краскопереноса, однако они не полностью отражают итоговые цветовые возможности печатной системы [9]. Для более наглядной оценки влияния состава пленки на воспроизводимый диапазон цветов был построен цветовой охват оттисков в координатах CIE L*a*b* (рис. 3). В качестве опорных точек использовали координаты одиночных красок C, M, Y и бинарных наложений CM, CY, MY.

ISSN 3030-3907

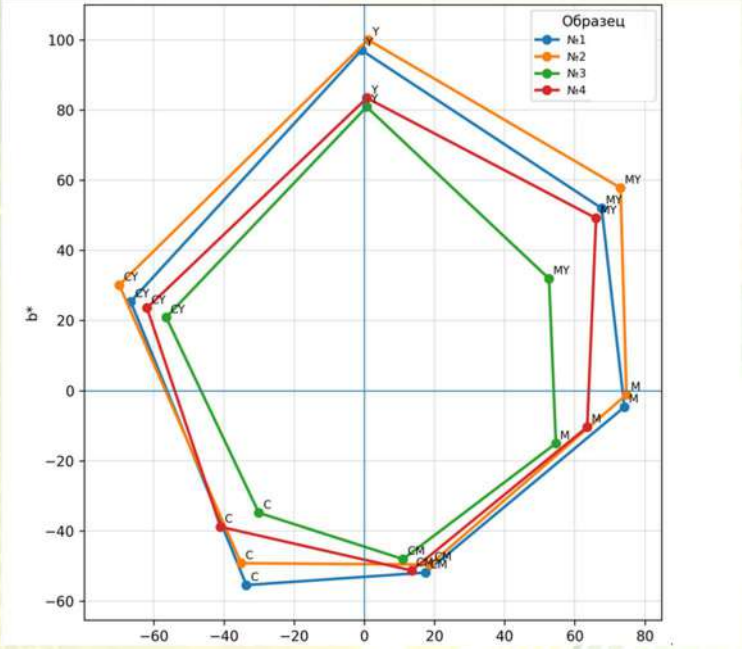


Рисунок 2. Цветовой охват оттисков на исследуемых пленках в координатах CIE L*a*b*

Анализ цветового охвата показал, что наиболее широкий и сбалансированный диапазон воспроизводимых цветов обеспечивается на образце №2. Образец №1 имеет близкие показатели, что подтверждает стабильность печати на полиэтиленовой пленке после коронной обработки. Наименьший цветовой охват получен для образца №3, что связано с пониженной смачиваемостью поверхности, нестабильным треппингом и нарушением равномерности красочного слоя. Образец №4 занимает промежуточное положение, что указывает на частичное улучшение свойств пленки при введении прооксидантной добавки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Треппинг УФ-красок при флексографской печати на экспериментальных пленочных материалах зависит от комплекса факторов: состава пленки, смачиваемости поверхности, порядка наложения красок, оптической плотности и колориметрических характеристик оттиска. По совокупности исследованных показателей наиболее оптимальным материалом является образец №2 — полиэтиленовая пленка с 3% прооксидантной добавки. Данный образец обеспечил лучшую смачиваемость, наиболее стабильный треппинг, минимальное цветовое отклонение и максимальный цветовой охват. Образец №3, содержащий 30% термопластичного крахмала, показал наименее стабильные результаты и требует дополнительной модификации поверхности или корректировки технологических параметров флексографской печати.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Izdebska J., Żołek-Tryznowska Z., Świętoński A. Correlation between plastic films properties and flexographic prints quality // *Journal of Graphic Engineering and Design*. – 2015. – Vol. 6, No. 2. – P. 19–25.
2. Yuan Y., Lee T. R. Contact Angle and Wetting Properties // *Surface Science Techniques*. Springer Series in Surface Sciences. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2013. – Vol. 51. – P. 3–34.
3. Zielecka M. Methods of contact angle measurement as a tool for characterization of wettability of polymers // *Polimery*. – 2004. – Vol. 49, No. 5. – P. 327–332.
4. Żenkiewicz M. Analysis of the most important methods of investigations of polymeric materials' surface free energy // *Polimery*. – 2007. – Vol. 52, No. 10. – P. 760–767.
5. Izdebska J., Thomas S. Printing on Polymers: Fundamentals and Applications. – Oxford: Elsevier, 2016.
6. Hoang Thi Kieu Nguyen, Pham Van Huy. A Study of the Ink Trapping in Lithographic Printing // *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. – 2022. – Vol. 9(4). – P. 16–20.
7. Repeta V., Urbas R., Golob G. The influence of surface energy and polarity of polymer films on spreading and adhesion of flexographic UV-inks // *Acta Graphica*. – 2013. – Vol. 24, No. 1–2. – P. 23–30.
8. Izdebska-Podsiadły J. Effect of Aminopropyltriethoxysilane on the Adhesion of Flexographic Water-Based Ink to Packaging Films // *Coatings*. – 2023. – Vol. 13, No. 11. – Article 1833.
9. ISO 13655:2017. Graphic technology — Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images.

ISSN 3030-3907