

УДК 655.326.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФАРБОВОГО ШАРУ ПІД ЧАС ДРУКУ НА СУЧАСНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ МАШИНАХ

Т. Є. Телегіна

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Статтю присвячено дослідженню факторів, які впливають на оптичні характеристики відбитків флексографічного друку на прозорих полімерних плівках. На прикладі білої фарби було досліджено залежність оптичних показників фарбового шару від швидкості друку. Швидкість друку визначає такі параметри, як час контакту в парах «анілокс – друкарська форма» та «друкарська форма – субстрат» та тиск. Ці параметри, а також й інші (об'єм комірок анілокса, якість поверхні друкарської форми, поверхневий натяг субстрату та інше) впливають на трансфер фарби та оптичні показники фарбового шару. Для дослідження були використані зразки, отримані на сучасній високошвидкісній машині Optima 2 виробництва компанії Soma Engineering, яка оснащена опціями, котрі забезпечують стабільність тиску в друкарських парах та температурний режим фарби і деталей машини, що дає змогу виділити час контакту як основний фактор впливу.

Ключові слова: флексографічні машини, швидкість друку, біла фарба, відбитки, непрозорість, якість.

Постановка проблеми. Використання технології сервоприводів, автоматизації і комп'ютеризації процесів, які відбуваються у вузлах друкарських машин, а також нові розробки у виробництві композитних матеріалів, що використовують для виготовлення формних та анілоксних гільз, пневмовалів дали змогу досягти високого рівня якості флексодруку. Це стосується насамперед широкоформатних рулонних машин, на яких відбувається друкування більшості всіх паковань, що виробляються у світі. Швидкість друку може досягати 600 метрів за хвилину. Зрозуміло, що під час такої швидкості можуть відбуватись непередбачувані зміни у процесах трансферу фарби, деформації друкарських елементів на формах, так звані bouncing ефекти на певних зображеннях. Вивчення такого процесу, як трансфер фарби, що відбувається під час друку на високих швидкостях, представляє практичний інтерес з точки зору підвищення якості та стандартизації виробництва. Найбільш дискусійним питанням у вивченні впливу факторів на оптичні характеристики фарбового шару є вплив швидкості. Дослідники експериментально встановили, що оптична щільність відбитка певним чином залежить як від тиску, так і від часу контакту з формою задруковуючого матеріалу. Існує думка [1], що зміна тиску впливає більше на зміну оптичної щільності відбитка, ніж зміна часу

контакту форми й матеріалу та форми й анілоксового валика (тобто швидкості друкування). Очевидно, що зі зміною швидкості змінюється й час контакту в парах «анілокс – форма» та «форма – субстрат». У більшості випадків під час друку на флексографічних друкарських машинах старих зразків зміна швидкості впливає на тиск в цих парах, чого немає у сучасні машинах, де є можливість стабілізації тиску в друкарських парах під час зміни швидкості. Тому актуальним завданням залишається дослідження впливу швидкості друкування на оптичну щільність відбитків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження впливу швидкості друку на трансфер фарби з форми на відбиток залишається відкритим, тому що існує дві кардинально протилежні теорії, які пояснюють залежності товщини фарбового шару від швидкості друкування. Щоб пояснити різницю між цими теоріями, розглянемо спочатку основні базові залежності, які описують процеси трансферу фарби.

Відомо, що основи теорії друкарських процесів базуються на основних вихідних залежностях, отриманих експериментально. Такими є залежності товщини шару фарби на відбитку від: 1) товщини шару фарби на формі; 2) тиску при друкуванні; 3) швидкості друку. Але треба враховувати, що більшість досліджень були проведені у лабораторних умовах з використанням прободрукарських пристроїв, які не можуть забезпечити друк на високих швидкостях, що не дає змоги побачити реальну залежність показників якості відбитків від швидкості.

Що стосується першої теорії, автори стверджують, що зі збільшенням швидкості друку коефіцієнт перенесення фарби на відбиток дещо зменшується і пов'язано це зі зменшенням часу контакту форми із задрукованим матеріалом. Деякі автори, розглядаючи імпульс сили (тобто добуток тиску на швидкість друку), вважають, що зі збільшенням швидкості друку навпаки зростає тиск у друкованій зоні, що мало б також, на їх думку, збільшувати оптичну щільність відбитків [2]. Однак цей фактор немає значного впливу на трансфер фарби під час друкування. Зміна тиску на 25 % призводить до зміни товщини шару фарби на відбитку лише на 2,1 %. Приблизно так само зміняться і оптичні щільності відбитків, що менше точності їх вимірів. Взаємозамінність тиску та швидкості друку є доказаною аналітично, але згідно з експериментами при підвищенні швидкості друкування за межі 1,3–1,5 м/с тиск і швидкість стають невзаємозамінними, і питання їх технологічного взаємозв'язку потребує поглиблених досліджень. Крім того, спроби виведення залежностей аналітичним шляхом з припущення про те, що при різних швидкостях друку імпульс сили (тобто добуток тиску на швидкість друку) повинен давати однакові результати щодо переходу фарби з форми на матеріал також не виправдалися.

У деяких працях [3] існує думка, що зазвичай зі збільшенням швидкості друкування коефіцієнт перенесення фарби на відбиток дещо зменшується, хоча абсолютна кількість фарби на відбитку збільшується. Так, збільшення швидкості друкування в 6 разів (зі 100 до 600 об/хв) знижує коефіцієнт перенесення фарби лише на 15 %. Такий вплив швидкості пояснюється накопиченням кількості фарби на формі через безперервне повторне її нанесення і збільшення тиску між декелем і друкованою формою, обумовленим відцентровими силами, що особливо вияв-

ляються при підвищенні швидкості друкування. Крім того, важливим фактором вважається температурний ефект, який відбувається зі збільшенням швидкості друку й впливає на розтікання фарби.

Фактичний трансфер фарби можна відстежити, вимірюючи масу сухого залишку фарби чи такі оптичні показники, як оптична щільність (для кольорових фарб) чи непрозорість (для білої фарби). Непрозорість білої фарби є важливою властивістю друку на гнучкій упаковці. Біла підкладка є основою для отримання повної кольорової гами на прозорих плівках, для приховування продукту та навіть для створення цифрових кодів, які зчитуються сканером.

Найпоширенішим способом вимірювання непрозорості є метод під назвою коефіцієнт контрастності, де друковані зразки розміщені поверх чорного фону, і вимірюється щільність чорного фону через шар білої фарби. Вимірювання відбувається за допомогою спектроденситометра. Відомо [4], що при друкуванні на прозорих плівках дуже важливо досягти певного рівня непрозорості білого шару та тримати його на певному рівні протягом друкування всього накладу, тому що зменшення колориметричних показників білої фарби (які насамперед пов'язані з кількістю сухого залишку, тобто з товщиною фарбового шару) значно впливає на оптичні характеристики кольорових зображень, причому для різних пігментів цей вплив відрізняється. Так, наприклад, для пурпурових, блакитних, жовтих і помаранчевих фарб вага білого підшарового покриття має домінуючий вплив на кольоровідтворюваність зображень на відміну від інших кольорів. Наприклад, під час друку пурпуровою, блакитною або помаранчевою фарбою зменшення маси покриття білої фарби на 1 г/м^2 (з $1,95 \text{ г/м}^2$ до $0,98 \text{ г/м}^2$) призвело до зміни кольору на $\Delta E=2,5$ та $1,5 \text{ г/м}^2$. Зменшення м^2 (з $1,95 \text{ г/м}^2$ до $0,49 \text{ г/м}^2$) призвело до зміни кольору на $\Delta E = 3,5$.

Залежності непрозорості від маси сухого залишку є нелінійною [5], й зрозуміло, що у флексографії існує певне обмеження щодо товщини фарбового шару, яке найперше пов'язане з об'ємом комірки анілоксового валика. Тому й рівень непрозорості білої фарби також зазвичай не перевищує певні показники. Так, рівень опасіту 65 є досить високим й спроби підвищити його тягнуть за собою деякі труднощі. Авторка виміряла залежність непрозорості від ваги сухого залишку, що відображено на рис. 1.

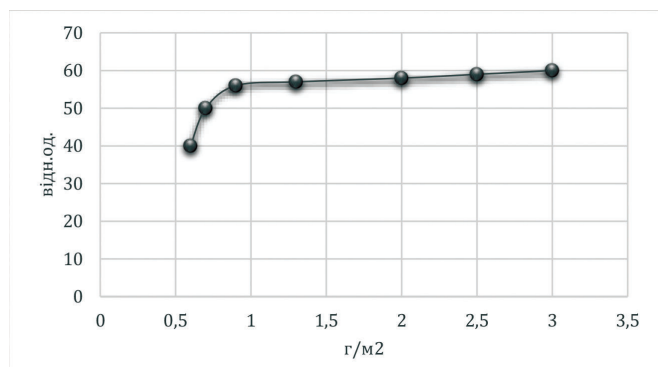


Рис. 1. Залежність непрозорості від ваги сухого залишку фарби

Відомо, що отримати великий рівень непрозорості (вище ніж 85 %) у флексографічному друці досить важко, що пов'язано з особливостями процесу друкування. Потрібно зауважити, що сучасні технології *prepress*, виготовлення друкарських форм та анілоксових валиків, удосконалення друкарських машин дали змогу значною мірою вирішити це питання.

Вибір правильного гравіювання анілокса для друку білої фарби може змінити ситуацію в бік підвищення непрозорості. Наприклад, якщо порівняти анілокси з кутом гравіювання 60 та 30, можна побачити, що гексагональні комірки, які розташовані під кутом 60 до осі анілокса, зумовлюють виникнення такого ефекту, як *pin holing*, який відсутній у випадку гравіювання під кутом 30. Це пов'язано з виникненням турбулентності, яка заважає рівномірному розтіканню фарбового шару. Цей фактор (відсутність *pin holing*) сприяє підвищенню рівня непрозорості. Окрім кута гравіювання, потрібно враховувати й інші фактори. До них належать лініатура анілокса та форма комірки. Так, комірки конічної форми є більш ефективними порівняно з комірками чашеподібної форми. Сучасні лазерні технології дають змогу отримати анілоксові валики з конічною формою комірки, які можуть одночасно поєднувати великий об'єм комірки та велику кількість комірок на одиницю довжини, що сприяє однорідному розтіканню фарби по площині субстрату.

Рівномірний шар фарби певної товщини має необхідні оптичні показники, що забезпечує необхідну основу для формування якісного кольорового зображення [6]. Крім того, дуже добре зарекомендувала себе технологія GTT (Aprex), особливо при нанесенні фарби на суцільні ділянки, що пов'язано з покращенням турбулентності завдяки «хвилястій» структурі поверхні анілоксового валика. Як було вказано вище, анілоксові валики не є єдиним фактором, який впливає на формування якісного фарбового шару з великим показником непрозорості. Так, достатній рівень поверхневого натягу субстрату та фарби є необхідною умовою отримання рівномірного непрозорого шару білої фарби. Зрозуміло, що якість барви, тобто якість та кількість пігменту, хімічна природа смол та розчинників, які входять до складу фарби, є необхідною умовою у процесі досягнення певних характеристик білого шару.

Сучасні технології виготовлення флексографічних друкарських форм, такі як, наприклад, Full HD Flexo, завдяки формуванню мікроструктури поверхні забезпечують значне збільшення трансферу фарби, що підвищує оптичну щільність для кольорових барв й непрозорість для білої барви [7].

Що стосується сольвентних фарб, то потрібно зауважити, що фарба білого кольору потребує особливої уваги, що пов'язано з низкою причин. По-перше, порівняно з кольоровими фарбами, до складу білої фарби як пігмент входить оксид титану, частинки якого мають досить великий розмір (тобто низький рівень дисперсності). Внаслідок цього частинкам пігменту досить важко розміститись компактно та утворити рівномірний шар. Потрібно зауважити, що сучасні нанотехнології дають змогу отримати малий розмір пігменту, але ці фарби мають досить велику собівартість і тому не є поширеними.

По-друге, біла фарба зазвичай друкується анілоксами з великим об'ємом комірки, що часто спричинює проблеми з висиханням. Більшість пакувань друкується реверсним друком, у цьому випадку біла фарба друкується на останній друкарській секції. «Біла» друкарська форма може на себе брати кольорові фарби з відбитка в місцях, які містять декілька шарів (overlap). Здебільшого коригування складу розчинників (додавання сповільнювачів та прискорювачей в білу та кольорові фарби відповідно) дає змогу вирішити цю проблему. Але додавання розчинників до білої фарби може знижувати в'язкість фарби, що зменшує непрозорість. Також цей показник може зменшуватись через зменшення розмірів частинок пігменту, що відбувається через деякий час під час друку [8].

Мета статті — дослідження процесу трансферу фарби в системі «анілоксовий валик-форма-плівка» з використанням сучасної високошвидкісної флексографічної машини Optima 2.

Важливим фактором є те, що в сучасних сервоприводних машинах реалізована опція стабілізації тиску в друкарських парах під час друку при різних швидкостях. Крім того, такі машини мають опції, що забезпечують постійну температуру фарби протягом друку накладу. Тобто, виключивши фактор тиску та зміни температури фарби, можна стверджувати, що основним фактором впливу на характеристики фарбового шару в цьому випадку буде час контакту анілокса з друкарською формою та форми зі субстратом. Для досліджень та вимірювань була вибрана біла фарба завдяки тому, що зазвичай площа задруківки білою фарбою є досить великою порівняно з кольоровими фарбами. Крім того, у цьому випадку використовується анілоксовий валик з великим об'ємом комірки. Це дає змогу отримати досить значні величини показників, що допомагає точніше визначити відхилення та різницю значень. Були отримані зразки тиску на різних швидкостях та досліджено вплив швидкості на непрозорість білої фарби та вагу сухого залишку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз багатьох праць, пов'язаних з вивченням залежності оптичних характеристик від швидкості, дає змогу помітити, що експерименти проводились зазвичай на прободрукарських станках, що припускає дослідження поведінки фарби на малих швидкостях. Це обмеження не дає змоги отримати реальні фактичні результати. Для аналізу залежності було обрано метод вимірювання непрозорості білої фарби за допомогою спектроденситометра та визначення ваги сухого залишку при різних швидкостях друку.

Методологія дослідження. Сучасні флексографічні друкарські машини здатні друкувати на максимальних швидкостях 400–600 м/хв, і тому різниця між максимальною та мінімальною швидкістю є досить значною. Завдяки цьому експерименти із вимірювання товщини фарбового шару та оптичних показників на таких машинах при різних швидкостях стають більш наочними та точними.

Було ухвалено рішення відстежувати залежність непрозорості та маси сухого залишку для білої фарби, це пов'язано з тим, що у цьому випадку використовувався анілокс з великим об'ємом комірки (як у більшості випадків під час друку білою фарбою), й залежність виявилась більш наочною.

Таблиця 1

Залежність непрозорості білої фарби від швидкості друку

Зразок 1										
Швидкість	Непрозорість, відн. од.									Середнє значення
100 м/хв	58,1	57,5	57,5	58,9	57,1	57,2	57,4	57,5	57,4	57,6
300 м/хв	57,3	55,5	55,9	55,9	56,7	56,3	56,2	55,3	56,6	56,2
Зменшення непрозорості при підвищенні швидкості на 100 м/хв, %	0,69	1,74	1,39	2,59	0,35	0,79	1,05	1,91	0,71	1,24
Зразок 2										
Швидкість	Непрозорість, відн. од.									Середнє значення
100 м/хв	55,6	55,4	55,5	56,2	55,1	55,9	56,2	55,5	56,1	55,7
400 м/хв	54,2	54,2	54	54,3	54,1	54,3	53,9	54	54,1	54,12
Зменшення непрозорості при підвищенні швидкості на 100 м/хв, %	0,84	0,72	0,9	1,13	0,6	0,95	1,36	0,90	1,19	0,95
Зразок 3										
Швидкість	Непрозорість, відн. од.									Середнє значення
100 м/хв	60,4	61	60,4	60,8	60,1	59,7	60,2	60,8	60,7	60,4
350 м/хв	59,4	59,7	59,3	59,2	59,1	59,1	59,3	59,4	59,1	59,2
Зменшення непрозорості при підвищенні швидкості на 100 м/хв, %	1,1	1,4	1,21	1,75	1,1	0,67	1,00	1,53	1,75	1,28

Об'єкти та методи дослідження. Для отримання відбитків, які використовувались для вимірювання показників якості, обрано високошвидкісну друкарську машину Optima 2 виробництва компанії Soma Engineering. Потрібно зауважити, що на машині Optima 2 використовується Advance Bouncing Control, що містить низку опцій, однією з яких є Intelligent Tuning, що забезпечує стабільний тиск у парах «форма – анілокс», «форма – матеріал, що задруковується» при друкуванні на

різних швидкостях. Крім того, на машині забезпечується постійна терморегуляція не тільки центрального циліндра, а й формних та анілоксових валиків, що унеможливорює вплив температури на перенос фарби. Для отримання відбитків було використано друкарську форму виробництва Kodak. Монтаж друкарської форми здійснювався монтажною стрічкою 3М (серія 1520) на автоматичному пристрої S-Mount виробництва тієї ж компанії.

Для друкування відбитків використовувалась біла фарба серії Duratort, виробництва Sun Chemical, з робочою в'язкістю 21 с, яка вимірювалась за допомогою автоматичного віскозиметра, вбудованого в друкарську машину. Відбитки отримували на плівці PET (поліетилентерефталат) товщиною 12 мкм.

Перенесення фарби на друкарську форму відбувалося за допомогою анілоксового валика (виробництва Sandon) з гексагональною формою комірки під кутом 60 градусів, лініатурою 160 лін/см та об'ємом 12 см³/м².

Для контролю якості фарбової поверхні використовувався мікроскоп Optica XC-100 L. Непрозорість вимірювали за допомогою спектроденситометра Exact виробництва X-Rite

Дослідження показника непрозорості флексографічних відбитків. Зразки 1–3 (для вимірювання непрозорості) були отримані під час друкування трьох різних багатокольорових накладів (табл. 1).

Відбитки для вимірювання маси сухого залишку друкувалися окремо однією білою фарбою. Були виміряні маси сухого залишку при трьох різних швидкостях, що також дало змогу відстежити певну закономірність зменшення маси сухого залишку з підвищенням швидкості (рис. 2).

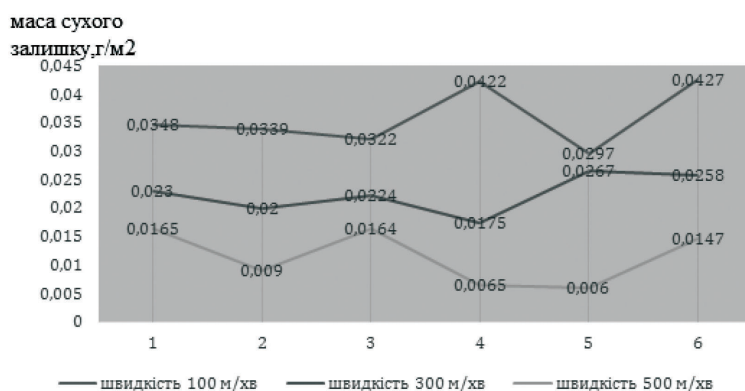


Рис. 2. Залежність маси сухого залишку фарби від швидкості

Аналіз експериментальних досліджень якості відбитків показав, що при підвищенні швидкості друкування на 100 м/хв маса сухого залишку змінюється в середньому на 22 %. Отже, було досліджено вплив швидкості на трансфер фарби за постійних температури та тиску в друкарських парах на флексографічних машинах.

Висновки. На основі проведених експериментальних досліджень було встановлено, що зі зростанням швидкості друкування на 100 м/с спостерігається

зменшення показників непрозорості та ваги сухого залишку в середньому на 1,4 % та 22 %, відповідно.

Можна стверджувати, що завдяки використанню опцій друкарської машини, які забезпечують стабільність тиску в друкарських парах, можна унеможливити фактор тиску на показник непрозорості відбитка і припустити, що дані зміни пов'язані з зменшенням часу контакту в парах «анілокс – форма», «форма – субстрат».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Johnson J. et al. Measuring the dynamic pressure in a flexographic central impression printing press. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 2004. Vol. 19. № 1. Pp. 84–88.
2. Keawkul P., Pachonklaew P., Waleetorncheepsawat B. Optimization of Printing Conditions to Achieve Effective Ink Transfer in Flexographic Printing. *Journal of Printing Science and Technology*. 2022. Vol. 59. № 6. Pp. 298–302.
3. Olsson R. et al. Effects of elevated temperature on flexographic printing. *Advances in Printing and Media Technology, Proceedings of the 34th Research Conference of IARIGAI, Grenoble, France, 2007*. P. 1.
4. Rich D. C. Consistent determination of the contrast ratio of white inks. *J Coat Technol Res*. 2021. 18. 1501–1509.
5. Eller R. J., D'Amico G. S. Characterizing the influence of white ink coating weight and print layer film type on chromaticity in gravure printed flexible packaging. *Journal of Print and Media Technology Research*. 2022. 11 (3). 183–1, 93.
6. Arcos S. How to achieve high opacity whites in flexo. *NarrowWebTech*. 2014. (2). Vol. 20. P. 22.
7. Argent D. Paper, Film and Foil Converter. Chicago, Vol. 82, 1, (Jan 2008): 14.
8. Frimova A. et al. Ink stability during printing. *TAGA J*. 2005. Vol. 2. Pp. 122–131.

REFERENCES

1. Johnson, J. et al. (2004). Measuring the dynamic pressure in a flexographic central impression printing press: *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 19, 1, 84–88 (in English).
2. Keawkul, P., Pachonklaew, P., & Waleetorncheepsawat, B. (2022). Optimization of Printing Conditions to Achieve Effective Ink Transfer in Flexographic Printing: *Journal of Printing Science and Technology*, 59, 6, 298–302 (in English).
3. Olsson, R. et al. (2007). Effects of elevated temperature on flexographic printing. *Advances in Printing and Media Technology, Proceedings of the 34th Research Conference of IARIGAI, Grenoble, France* (in English).
4. Rich, D. C. (2021). Consistent determination of the contrast ratio of white inks: *J Coat Technol Res*, 18, 1501–1509 (in English).
5. Eller, R. J., & D'Amico, G. S. (2022). Characterizing the influence of white ink coating weight and print layer film type on chromaticity in gravure printed flexible packaging: *Journal of Print and Media Technology Research*, 11 (3), 183–1, 93 (in English).
6. Arcos, S. (2014). How to achieve high opacity whites in flexo: *NarrowWebTech*, (2), 20, 22 (in English).
7. Argent, D. Paper, Film and Foil Converter. Chicago, 82, 1, (Jan 2008): 14 (in English).
8. Frimova, A. et al. (2005). Ink stability during printing: *TAGA J*, 2, 122–131 (in English).

doi: 10.32403/2411-3611-2023-2-44-117-125

STUDY OF THE INK LAYER CHARACTERISTICS DURING PRINTING ON MODERN HIGH-SPEED FLEXOGRAPHIC PRESSES

T. Ye. Telegina

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
tttelegina777@gmail.com*

In the production of flexographic printing presses, significant changes have recently taken place due to the use of servo drive technology and the automation and computerization of processes that take place in the units of printing presses, as well as thanks to new developments in the field of composite materials used for the manufacture of printing and anilox sleeves, mandrels. First of all, they are wide printing presses, on which most of the packaging in the world is printed. Printing speed can reach 600 meters per minute. It is clear that at such speeds, unforeseen changes in ink transfer processes, deformation of printing elements on plates, so-called “bouncing” effects on certain designs can occur. The study of such a process as ink transfer, which occurs during printing at high speeds, is of practical interest from the point of view of improving quality and standardization of production. The article is dedicated to the study of factors that affect the optical characteristics of flexographic imprints on transparent polymer films. Using the example of white ink, the dependence of the optical parameters of the ink layer on the printing speed is studied. The printing speed determines such parameters as the contact time in the couples “anilox-printing plate” and “printing plate-substrate” and pressure. In turn, these parameters, together with others (the volume of anilox cells, the quality of the surface of the printing plate, the surface tension of the substrate, etc.) affect the transfer of ink and the optical parameters of the ink layer. The samples obtained on a modern high-speed Optima 2 machine manufactured by Soma Engineering are used for the research, which is equipped with options that ensure the stability of the pressure in the printing couples and the temperature regime of the ink and machine parts, which allows identifying the contact time as the main influencing factor. Based on the data obtained as a result of the experiment, a decrease in opacity and dry residue weight is observed during an increase in speed by 100 m/min by an average of 1.4% and 22%, accordingly. It is established that such an indicator as the mass of dry residue is a more visible characteristic in comparison with opacity.

Keywords: *flexographic presses, printing speed, white ink, imprints, opacity, quality.*

Стаття надійшла до редакції 14.06.2023.

Received 14.06.2023.