

УДК 681.62.067.6

© Ю. О. Шостачук, к.т.н., доцент, І. П. Мосіюк, магістр,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ФОРМА ПАПЕРОВОГО ЛИСТА І ЙОГО ВИКЛАДЕННЯ НА ПРИЙМАЛЬНИЙ СТАПЕЛЬ ЛИСТОВИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН

Стаття присвячена дослідженню можливостей зміни жорсткості паперових аркушів у процесі викладення віддрукованої продукції на приймальний стапель листових друкарських машин.

Ключові слова: друкарська машина; приймальний стапель; транспортування листа; деформація листа; оболонкова форма.

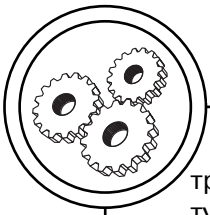
Постановка проблеми

Одним з головних завдань поліграфічної галузі є підвищення продуктивності друкарського обладнання, яка визначається робочими швидкостями машин. Швидкість листових друкарських машин безпосередньо пов'язана з процесом виведення та укладання надрукованих листів у стапель, який починається з моменту передачі листа від друкарського циліндра в захоплювачі аркушевивідного пристрою. Знімання листа з друкарського циліндра і його подальше транспортування виконується на швидкості друкування з наступним зменшенням її до допустимої для забезпечення надійного виводу і рівного укладання відбитків різноманітних форматів і маси у стапель без їх пошкодження, змазування зображення, перетискування фарби тощо [1, 2].

Аналіз попередніх досліджень

Аркуш паперу у процесі транспортування, друку і викладу на приймальний стіл зазнає впливу різного роду навантажень внаслідок зміни напрямку і характеру руху. Характер руху може бути різним: рівномірним прямолінійним, прискореним і сповільненим по різного роду криволінійним траєкторіям, що приводить до зміни за величиною та видом навантаження на лист. Зміна характеру руху і відповідно навантаження спричиняє прояв різних характеристичних властивостей аркушевого листа [2–4].

Лінійна швидкість друкування на сучасних друкарських машинах постійно зростає і становить сьогодні понад 5 м/с. При виводі відбиток передається із захоплювачів друкарського циліндра останньої друкарської або оздоблювальної секції машини в захоплювачі ланцюгового транспортера з подальшим



транспортуванням його на висоту стапеля і далі по змінній траєкторії до передніх упорів. При досягненні кареткою з переднім краєм листа відповідної точки відносно приймального столу, захоплювачі розкриваються і лист далі продовжує рух до передніх упорів під дією аеродинамічних та інерційних сил. При цьому швидкість підходу листів до передніх упорів для запобігання ушкодження передньої кромки і забезпечення їх рівного укладання у стос не повинна перевищувати 0,6–0,8 м/с [1, 2]. Для зниження швидкості використовуються різноманітні прийоми, а також гальмівні сповільнюючі пристрої, які контактують при русі з заднім краєм відбитка. При цьому необхідно також мінімізувати величину його відскоку і забезпечити неушкодження передньої кромки після зустрічі з передніми упорами, а також недопущення зминання задньої кромки вивідною кареткою, яка транспортує наступний лист [1, 2].

Дослідження процесу викладення показало, що існуючі варіанти зниження швидкості руху листів для середніх (50×70 см) та великих форматів (від 70×100 см і більше), а також для малих (30×50 см) з максимальним заповненням листа, не достатньо ефективні [2].

Мета роботи

Метою цієї роботи є дослідження зміни міцнісних властивостей паперових листів у процесі їх транспортування та укладання у стос з визначенням можливостей оптимізації параметрів приймально-вивідних пристроїв листових друкарських машин.

Результати проведених досліджень

Сучасні друкарські машини характеризуються високою швидкістю, підвищеною фарбовістю та можливістю друкування на різноманітних матеріалах і повинні забезпечувати викладання листів та формування стапеля на всьому діапазоні швидкостей з високою якістю та можливістю подальшої обробки стосу віддрукованої продукції в найкоротші терміни.

Вивід і укладання листів у стапель складається з декількох стадій:

- рух листа до приймального столу в захоплювачах аркушевивідних кареток до заданого положення з подальшим їх відкриванням і можливістю зміни швидкості;

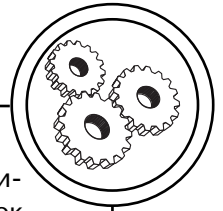
- вільний рух листа з моменту його відпускання захоплювачами каретки і до моменту його контакту з передніми упорами (в момент контакту можливий удар та його відскакування і опускання з відхиленням на приймальний стапель);

- вирівнювання листів в стапелі (зіштовхування).

Процес викладу листа супроводжується також його скручуванням в хвостовій частині, що є наслідком деформації листа при друкуванні (критично при роботі з тонкими паперами до 80 г/м²) [1, 2].

Аналіз процесу виведення надрукованих листів дозволив визначити основні фактори впливу на процес виведення і укладення листів у стапель, які об'єднані у дві групи:

- 1) технологічні: зволожувальний розчин; фарба; тиск при



друкуванні; нанесення проти-відмарювального порошку; лак (за наявності); сушіння;

2) механічні: стискання та розтягування захоплювачами приймально-вивідного пристрою; прогини під дією потоків повітря у процесі укладання; розтягування при дії вакуумного гальмівного пристрою; деформації внаслідок контакту з передніми, боковими та задніми упорами приймального столу.

Транспортування листа супроводжується значним аеродинамічним навантаженням на його поверхню, вплив якого особливо проявляється при переході листа з прямолінійної ділянки на криволінійну (переміщення каретки з листом по зростаючій похилій траєкторії), коли лист намагається по інерції зберегти свій початковий напрямок руху, в результаті чого виникає його хвилясте викривлення (рис. 1). При високих швидкостях папір додатково також деформується внаслідок повітря-

них потоків та вібрацій, які виникають при русі вивідних кареток [2–4].

Для детального дослідження параметрів механізмів приймально-вивідного пристрою та наведених факторів процес виведення відбитка був розбитий на три окремі стадії.

На першій та другій стадіях відбувається транспортування листів на висоту стапеля від зони друку до приймального модуля за допомогою вивідного транспортера. Цей процес виконується за досить короткий проміжок часу (менше 1 с, швидкість руху листа відповідає швидкості роботи машини). Відбитки відриваються від офсетного циліндра з деяким скручуванням, що ускладнює їх транспортування та рівне укладання. Скручуванню сприяє також реологія офсетної фарби для листового друку: аркуш прилипає до офсетного полотна так, що захоплювачі повинні знімати його з відносно великим зусиллям, що призводить до розтягування

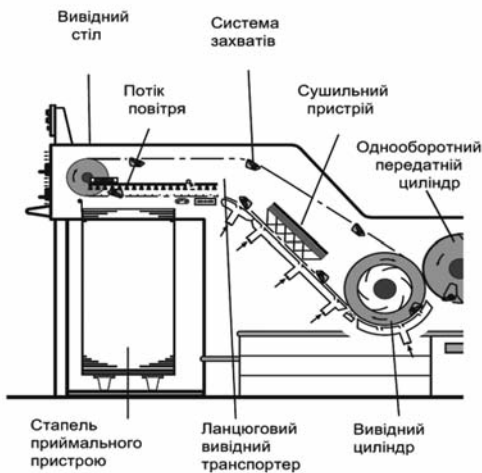
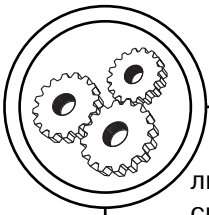


Рис. 1. Загальний вид ланцюгового вивідного транспортера



листів. Для зменшення впливу скручування на сучасних машинах може бути встановлений розгладжувальний щілинний пристрій вакуумної дії, який забезпечує прогин відбитків у зворотньому напрямку з подальшим їх вирівнюванням, але при двосторонньому друці призводить до погіршення якості продукції.

При виведенні листів на першій та другій стадіях їх плоскість забезпечується каретками вивідного пристрою, а також створюваною відповідними пристроями повітряною подушкою під і над листами, що покращує розгладжуваність листів і перерозподіляє зусилля притискання в стапелі. Закінчення другої стадії характеризується зміною напрямку руху листів відносно стапеля, відпусканням їх захоплювачами та контактом з вакуумним сповільнюючим пристроєм (рис. 2).

Переміщення та швидкість руху листів при цьому описуються наступними залежностями:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}, \quad (1)$$

$$v_{0x} = \omega \cdot R_3, \quad (2)$$

де $\omega = 2\pi n$ — кутова швидкість приводної зірочки (1/с); n — частота обертання друкарського циліндра і, відповідно, приводної зірочки (об/с), R_3 — радіус приводної зірочки (м); x_0 — координата знаходження листа відносно передньої кромки стапеля (м); v_{0x} і a_x — відповідно швидкість та прискорення листа в момент початку сповільненого руху; t — час руху листа до передніх упорів (с).

Третя стадія характеризується необхідністю забезпечення гарантованого підходу віддрукованих листів до передніх упорів з максимально допустимою швидкістю та укладання їх у стапель за рахунок дії аеродинамічних сил та сил інерції, а також направлених потоків повітря, які можуть бути утворені повітряною системою приймального

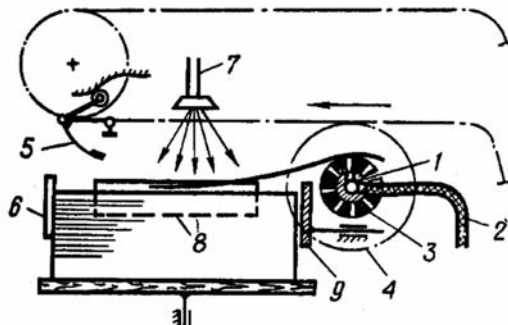
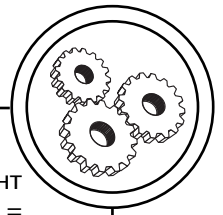


Рис. 2. Загальна схема викладу друкованих листів: 1 — вакуумні елементи сповільнюючого пристрою; 2 — повітроводи; 3 — вакуумні камери; 4 — приводна зірочка; 5 — захоплювачі ланцюгового транспортера; 6 — передні упори; 7 — сопла системи верхньої подачі повітря; 8 — бокові зіштовхувачі; 9 — задні зіштовхувачі



пристрою. На цій стадії необхідно погасити частину кінетичної енергії листа для забезпечення зниження його швидкості руху та гарантованого підходу до передніх упорів (рис. 3).

Сповільнення швидкості руху відбувається внаслідок дії сил тертя від контакту аркуша з повітрям, а також контакту з поверхнею напрямних і вакуумних роликів F_r та аеродинамічної сили F_a і визначається умовою рівності зміни кінетичної енергії:

$$\frac{m(V_d^2 - V_{ny}^2)}{2} = \Delta p S_k f L_r + F_{\Sigma a} L_y,$$

де m — маса листа; V_d — швидкість роботи машини (швидкість друку); V_{ny} — швидкість підходу листа до передніх упорів; $\Delta p = p_a - p_1$ — величина перепаду тиску повітря вакуумної системи при гальмуванні листа ($p_a = 10^5$ Па — атмосферний тиск, p_1 — тиск в отворах штоку гальмівної системи; S_k — сумарна площа контакту листа і гальмів-

них елементів; f — коефіцієнт тертя листа по напрямним ($f = 0,02$ [5]); L_r — величина контакту листа при взаємодії з гальмівними вакуумними роликами (залежить від виду і характеристик матеріалів); $F_{\Sigma a}$ — сумарна складова дії аеродинамічних сил; L_y — шлях листа до передніх упорів з моменту його відпускання захоплювачами транспортера (залежить від виду і характеристик матеріалів, швидкості друкування, складності зображення і може становити до 10–50 % довжини листа).

У лівій частині рівняння (3) знаходяться змінні параметри, які задані технологічно і залежать від маси, формату, допустимої швидкості друку і швидкості транспортування листа вивідним транспортером. У правій частині — параметри, які під час роботи машини можуть бути змінені: величина вакууму (p), швидкість підходу листа до передніх упорів (V_{ny}), аеродинамічна сила (F_a), яка залежить від конструктивних особливостей машини і визначається з рівняння:

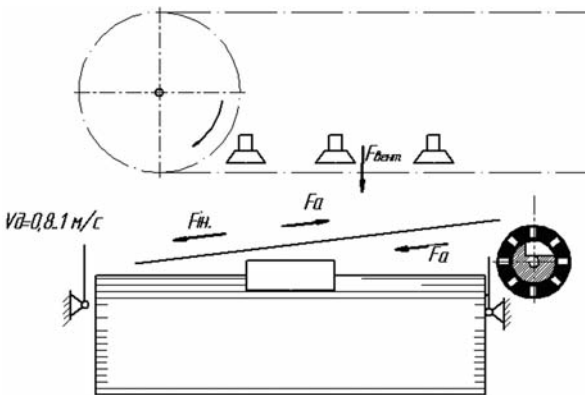
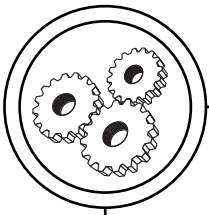


Рис. 3. Підхід та укладання віддрукованого листа у стапель



$$F_a = K_0 \cdot \rho_0 \cdot V_d^2 \cdot S_a, \quad (4)$$

де S_a — площа листа; ρ_0 — густина повітря ($\rho_0 = 1,205$ кг/м³ [5]); K_0 — коефіцієнт опору (залежить від форми, яку набуває лист при укладанні в стапель, для випадку виводу листа з абсолютно плоскою формою $K_0 = 0,026$ [3]).

Існуючі конструкції листових друкарських машин і їх приймальних пристроїв розраховані на використання паперових листів плоскої форми, які мають визначені механічні характеристики (модуль пружності, деформаційні властивості, коефіцієнт Пуасона тощо) і характеризуються малою жорсткістю. Під жорсткістю розуміємо властивість матеріалу протистояти зовнішньому навантаженню, у нашому випадку — деформації внаслідок контакту кромки листа і передніх упорів. У існуючих друкарських машинах лист виводиться у плоскій формі (рис. 4, а), що пов'язано з процесом друку і конструкцією друкарських секцій машин) і його жорсткість є характеристикою плоского тіла. Мала жорсткість вимагає прикладення до листа для його стабілізації при русі роз-

тягуючих зусиль. Але реально на лист діють як розтягуючі, так і стискаючі зусилля, особливо при викладі, що суттєво знижує його стійкість і є фактором обмеження швидкості виводу листа на приймальному столі.

Відомо, що зміна форми паперового листа приводить до зміни його міцністних характеристик. При зміні форми листа у напрямку руху з плоскої на об'ємну (надання плоскому недеформованому листу оболонкової форми, рис. 4, б) жорсткість листа може бути підвищена у декілька разів [3]. Особливе значення при цьому набуває можливість управління цим процесом за рахунок зміни кривизни форми, яку може прийняти лист, що важливо при задрукуванні різноманітних матеріалів. При цьому модуль пружності, а також момент інерції залишаються незмінними, що виключає можливість появи додаткових локальних деформацій у процесі укладання листа у стапель і зміни його стану при підході до упорів.

Таким чином зміна форми листа дозволяє підвищити його жорсткість, що дозволить збільшити його швидкість підходу до упорів із забезпеченням ста-

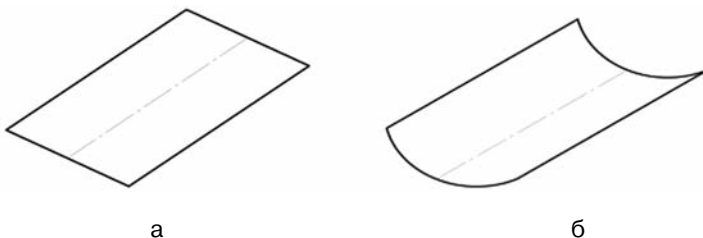
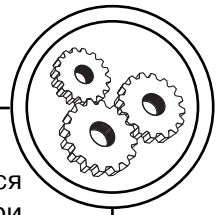


Рис. 4. Форми листа: а — недеформований плоский; б — деформований оболонковий



більності укладання і гарантією неущкодження передньої кромки листа.

Конфігурація форми листа залежить від характеристик задруковуваних матеріалів, таких як маса 1 м² (г), формат, кількість нанесеної фарби, швидкості роботи машини, швидкості та об'єму поданого повітря, відстані від траєкторії транспортування до стапеля при опусканні відбитку тощо [2].

Зміна форми листа може бути забезпечена за рахунок використання формуючого елемента при виході листа на горизонтальну ділянку (закінчення другої фази) і далі програмованої дії направлених потоків повітря в заданих зонах повітродувної системи для підтримання визначеної форми.

Процес утворення необхідної форми листа виконується таким шляхом. В момент вільного руху листа підключається верхня повітродувна система, яка забезпечує його контакт з направляючою, яка є складовою гальмівної системи і має конфігурацію, за

допомогою якої формується скруглений контур листа, а при підході до передніх упорів — нижня повітродувна система, яка є її складовою і, за допомогою якої формується заданий скруглений контур.

Для знаходження величини необхідного зусилля направленного потоку повітря $F_{\text{вент.}}$ для забезпечення заданої форми, яке повинно бути створено верхньою та нижньою складовою повітродувної системи, використаємо рівняння:

$$F_{\text{вент.}} = \frac{m((V'_d)^2 - V_d^2)}{2 \cdot L'_y} - F_a, \quad (5)$$

де V'_d — швидкість руху листа у відповідній точці; L'_y — залишковий шлях листа.

Загальна картина навантаження при підході листа до передніх упорів представлена на рис. 5.

На лист при цьому для забезпечення заданого напрямку руху у процесі планування на стапель діють (див. рис. 5):

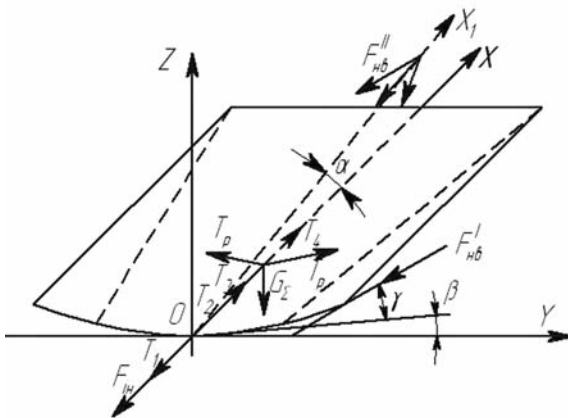
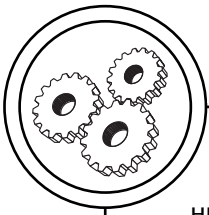


Рис. 5. Навантаження листа при зміні геометричної форми листа



— сили, створені регульованим направленим потоком повітря, за допомогою якого змінюється напрямок і забезпечується рух листа до передніх упорів і укладання в стапель (T_1);

— сили тертя між повітрям та листом упродовж процесу укладання (T_2);

— складова сили опору повітря під листом з наступним його видавлюванням (T_3);

— складова сили опору внаслідок деформації та зміни форми листа (T_4 , залежить від потоків повітря над ($F_{пв}^B$) і під листом ($F_{пв}^H$) з урахуванням кутів α , β і γ прикладення зусиль, а також від деформації листа T_p);

— сили інерції, які виникають внаслідок зміни швидкості руху листа (F_{in}).

Використання повітродувних систем з направленими регульованими потоками повітря за-

безпечує формування відповідної конфігурації листа при його виведенні, підвищує стабільність викладу листів і їх укладання у стос з наступним формуванням «правильного» стапеля.

Висновки

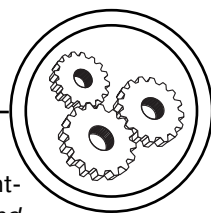
Проведені дослідження дозволили деталізувати процес виведення листа при роботі друкарських машин, визначити основні фактори впливу на процес викладу надрукованої продукції, розробити вимоги до можливого підвищення швидкості роботи вивідних пристроїв і надати рекомендації зі стабілізації і підвищення якості викладання надрукованої продукції та формування стапеля з використанням допоміжних конструктивних елементів та заходів, що забезпечить підвищення ефективності роботи машин.

Список використаної літератури

1. Чехман Я. І. Друкарське устаткування : Підручник / Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, В. О. Босак. — Львів : УАД, 2005. — С. 20–28, 357–367.
2. Шостачук Ю. О. Дослідження процесу транспортування та викладання віддрукованої продукції на приймальний стапель аркушевих друкарських машин / Ю. О. Шостачук, І. В. Кулинич // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ», 2012. — № 3. — С. 97–108. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/32405>.
3. Комаров В. И. Определение жесткости бумаги при изгибе / В. И. Комаров, Д. М. Фляте // Целлюлоза, бумага, картон. — 1971. — № 30. — С. 11–13.
4. Силенко П. Н. Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин / П. Н. Силенко. — М. : Изд-во МГУП, 1999. — 166 с.
5. Кухлинг Х. Справочник по физике : Пер. с нем. / Х. Кухлинг. — М. : Мир, 1982. — С. 42–50, 72–83, 117–119, 195–196.

References

1. Chekhman, Ia. I. & Senkus, V. T. & Didych, V. P. & Bosak, V. O. (2005). *Drukarske ustatkuvannia [Printing equipment]*. Lviv: UAD [in Ukrainian].
2. Shostachuk, Iu. O. & Kulynych, I. V. (2012). *Doslidzhennia protsesu transportuvannia ta vykladannia viddrukovanoi produktsii na pryimalnyi stapel arkushevykh drukarskykh mashyn [Research of process of transportation and a con-*



clusion of printing production in discharge and bundling sections of sheet printing machines]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — Technology and Technique of Typography*, 3, 97–108. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/32405>.

3. Komarov, V. I. & Fljate, D. M. (1971). Opređenje zhestkosti bumagi pri izgibe [Determination of stiffness of paper bending]. *Journal of Celljuloza, bumaga, karton. — Cellulose, paper, cardboard*, 30, 11–13 [in Russian].

4. Silenko, P. N. (1999). *Dinamika bumazhnogo lista v transportnyh sistemah poligraficheskikh mashin [Dynamics of the paper sheet in the transport systems of printing machines]*. Moscow: Izd-vo MGUP [in Russian].

5. Kuhling, H. (1982). *Spravochnik po fizike [Handbook of physics]*. Moscow: Mir [in Russian].

Исследуются возможности изменения параметров жесткости бумажных листов в процессе вывода отпечатанной продукции на приемный стапель листовых печатных машин.

Ключевые слова: печатная машина; приемный стапель; транспортирование листа; деформация листа; оболочечная форма.

The article investigates the possibility of changing the characteristics of paper sheets in the process of delivering printed products in sheetfed presses.

Keywords: printing machine; delivery piles; stable output of the sheet; deformation of the sheet; tunicates form.

Рецензент — А. І. Іванко, к.т.н.,
доцент, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 29.11.16