

УДК 686.12.056

© А. І. Іванко, к.т.н, доцент, О. С. Марченко, студент, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

## ОБРІЗУВАННЯ АРКУШЕВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПНЕВМАТИЧНИХ ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

У статті розглянуто пневматичну систему для транспортування аркушевого матеріалу у зону його обрізування.

**Ключові слова:** аркушевий матеріал; вакуумна камера; транспортувальна система; обрізування; дисковий ніж; самонаклад; приймальний стіл.

### Постановка проблеми

Між операційні процеси суттєво впливають на продуктивність роботи поліграфічних і пакувальних машин. Так процес транспортування аркушевого матеріалу починається з його відокремлення від стосу, переміщення в зону обробки та виведення на приймальний стіл.

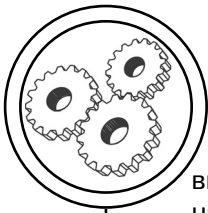
В зоні обробки аркушевих матеріалів найбільш технологічно складною операцією є обрізування. Для обрізування півфабрикатів використовують аркушерізальні, одноножові та картонорізальні машини [1, 2].

Аркушерізальні машини розрізують стрічку на окремі аркуші з рулону. Мірний циліндр з притискним роликком подає півфабрикат у зону різання. Різальна секція складається з рухомого ножа, що зафіксований на барабані, і нерухомого протиножа. Нерухомий протинож забезпечує послідовне ножичне різання картону. Для якісного різання потрібно обертовий ніж встановлювати під ку-

том у двох площинах. Спочатку відносно твірної, а потім відповідно до осі обертового барабана. Протиніж встановлюється під кутом до напрямку транспортування матеріалу. Взаємодія обертового ножа та протиножа можлива лише після ретельного їх налагодження.

Операція розрізування гофрокартону виконується у картонорізальних машинах [2, 3]. До складу різальної секції входять дискові різальні інструменти. Вивідні валики подають аркуш у різальну секцію, яка складається з чашкових ножів. Картон може розрізатися у поздовжньому напрямку на заготовки визначеної ширини. Для розрізування картону створюється контакт чашкових інструментів торцевими площинами з радіальним перекриттям.

Для якісного дорізування крайки аркушевого матеріалу аркушерізальні та картонорізальні машини у своєму арсеналі використовують контрножі (протиножі). Вони в свою чергу



вимагають багато затрат часу на переналагодження та заміну різальних інструментів.

### **Аналіз попередніх досліджень**

Пристрій для обрізування аркушевого матеріалу може містити собі систему вирівнювання та зубчастопасові транспортери [4, 5]. Транспортувальна система складається з інструментального вузла із закріпленим з гвинтовим ножом дозволяє здійснити розрізування аркушевого матеріалу.

Аркушевий матеріал подається в зону обрізування подавальним зубчастопасовим транспортером зі сталою швидкістю  $V_A$  по проміжному столу в напрямку до інструментального вузла. За рахунок однакового напрямку обертання барабанів, взаємодії різального інструмента та протиножа забезпечується розрізування визначеної зони матеріалу.

При однаковому кроці різального інструмента і умові  $V_A = \omega \cdot r = \text{const}$  може відбуватися обрізування аркуша по визначеній лінії. Для забезпечення фігурної форми зрізу аркуш може рухатися із змінною швидкістю  $V_A$ .

### **Мета роботи**

Метою даної роботи є попереднє аналітичне визначення можливості безмарзанного способу обрізування аркушевого матеріалу, його транспортування та утримування в зоні різання за рахунок вакуумної камери.

### **Результати проведених досліджень**

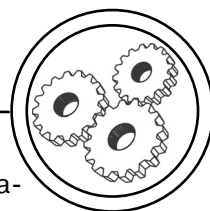
Традиційне різання аркушевих картонних матеріалів чашковими ножами за наявності їх радіального перекриття складається з трьох фаз. В першу чергу це процес вдавлювання різальних крайок інструментів у матеріал, де відбувається ущільнення його структури. В подальшому відбувається прогин зовнішніх шарів матеріалу і, як наслідок, зрізування його вздовж перетину різальними крайками.

Зусилля при якому відбувається обрізування аркушевого матеріалу становить:

$$F_{\text{різ}} = 0,5 \frac{\Delta^2 \cdot \tau_{\text{зр}} \cdot \varepsilon}{\text{tg} \alpha}, \quad (1)$$

де  $\Delta$  — товщина аркушевого матеріалу,  $\tau_{\text{зр}}$  — середнє значення опору зрізування аркушевого матеріалу;  $\varepsilon$  — відносна глибина надрізування картону перед початком кінцевого сколювання;  $\alpha$  — кут між радіусом ножа в точці контакту з картоном і вертикаллю.

Проектування систем транспортування аркушевого матеріалу розрідженим повітрям ґрунтується на основі вакуумної камери (ВК). Конструктивно вакуумна камера з'єднується з вакуумним насосом, що відкачує повітря з камери. Таким чином створюється необхідний вакуум (розрідження). Аркушевий матеріал закриває собою визначену кількість отворів у робочій площині транспортування. Додатково у конструкції ВК можна передбачити використання ви-



тяжних вентиляторів, що відкачують надлишкове повітря.

Створюється так зване розрідження повітря всередині камери, що призводить до виникнення утримуючої сили  $F_3$ .  $F_3$  утримує аркушевий матеріал у робочій зоні під час транспортування. Через визначені отвори створений вакуум контролює позиціонування аркуша.

Відповідно для (маси  $1 \text{ м}^2$ ,  $g$ ) картону формату А3 —  $100 \text{ г/м}^2$  з вагою  $12,47 \text{ г} = 0,0124 \text{ кг}$  сила, що необхідна для утримання матеріалу становитиме:

$$F = m \cdot \left( g + \frac{a}{\mu} \right) \cdot S_k, \quad (2)$$

де  $m$  — маса матеріалу;  $g$  — прискорення вільного падіння;  $a$  — прискорення системи;  $\mu$  — коефіцієнт тертя;  $S_k$  — коефіцієнт безпеки. Приймаємо:  $m = 0,0124 \text{ кг}$ ;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $a = 1 \text{ м/с}^2$ ;  $\mu = 0,6$ ;  $S_k = 1,7$ . Таким чином:

$$F = 0,0124 \cdot \left( 9,81 + \frac{1}{0,6} \right) \cdot 1,7 = 0,242 \text{ Н.}$$

Для даного випадку приймаємо стрічку з кількістю отворів  $n = 14$ , діаметром  $d = 10 \text{ мм}$ . Спочатку необхідно знайти площу одного отвору  $S$ .

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 78,5 \text{ мм}^2.$$

Загальна площа отворів становитиме  $S_3 = S \cdot n$ . Для нашої системи використовується дві стрічки, відповідно  $n = 28$ . Звідси  $S_3 = 78,5 \cdot 28 = 2198 \text{ мм}^2$ .

Для даного аркушевого матеріалу загальна сила утримання становитиме:

$$F_3 = \frac{F}{S_3}. \quad (3)$$

Підбір вакуумного насосу слід проводити для

$$F_3 = 0,00011 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}, \text{ або } 110 \text{ Па.}$$

Виходячи з геометричних розмірів вакуумної камери ( $L = 1,2 \text{ м}$  — довжина;  $A = 0,05 \text{ м}$  — ширина;  $H = 0,06 \text{ м}$  — висота), розраховуємо її об'єм  $V = L \cdot A \cdot H$ .

Розрахунок часу вакуумування ємності проводимо для  $V = 0,0036 \text{ м}^3$ :

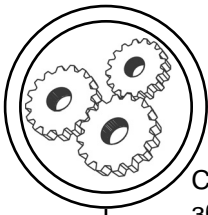
$$t = \left( \frac{V}{S} \right) \cdot \ln \left( \frac{p_1}{p_2} \right) \cdot F_k, \quad (4)$$

де  $V = 0,0036 \text{ (м}^3)$  — об'єм камери;  $S = 178 \text{ (м}^3/\text{г)}$  — швидкість відкачування повітря;  $p_1 = 1000 \text{ (мбар)}$  — початковий тиск в камері;  $p_2 = 1,1 \text{ (мбар)}$  — кінцевий тиск в камері;  $F_k = 3$  — поправочний коефіцієнт. Відповідно

$$t = \left( \frac{0,0036}{178} \right) \cdot \ln \left( \frac{1000}{1,1} \right) \cdot 3 = 0,00041 \text{ год.} = 1,48 \text{ с.}$$

Для створення необхідного тиску в камері, який буде якісно утримувати і транспортувати вибраний аркушевий матеріал, знадобиться  $1,48 \text{ с}$ .

Проведені аналітичні дослідження виявили, що із збільшенням маси  $1 \text{ м}^2(\text{г})$  матеріалу сила утримання  $F_3$  при транспортуванні в різальній секції зростає.



Слід зауважити, що при збільшенні діаметру отвору  $d$  та їх кількості  $n$ , сила  $F_3$  зменшується.

Наприклад, для системи транспортування, що складається з двох стрічок де кількість отворів  $n = 10$  з діаметром  $d = 5$  мм, і транспортує картон масою  $190 \text{ г/м}^2$ , сила утримання буде  $F_3 = 2287 \text{ Па}$ , а для такого ж картону, але з  $d = 10$  мм та  $n = 20 - F_3 = 286 \text{ Па}$ .

Відповідно до наведених залежностей побудовані графіки сили утримання аркушевого матеріалу  $F_3$  (рис. 1–3).

Відповідно до залежності сили утримання аркушевого матеріалу  $F_3$  (рис. 1) можна зробити висновок, що при збільшенні діаметрів отворів  $d_{\text{отв}}$  сила  $F_3$  пропорційно зменшується. Спостерігаємо таку ж тенденцію до зменшення  $F_3$  при збільшенні кількості отворів  $n$  (рис. 2), а при

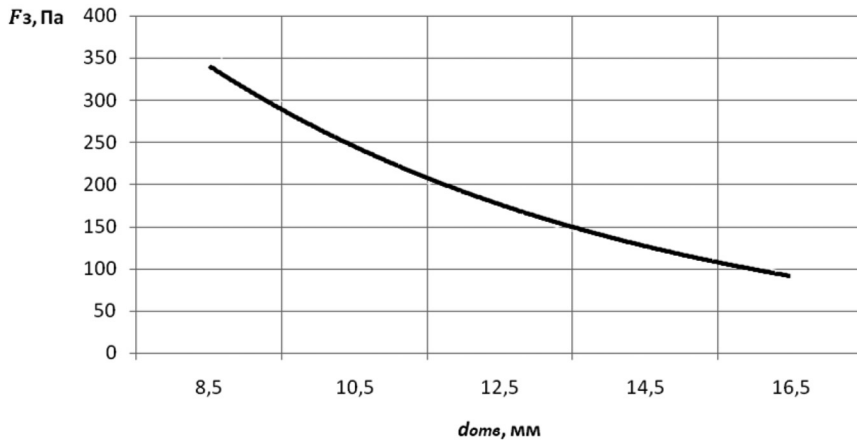


Рис. 1. Залежність сили утримання аркушевого матеріалу  $F_3$  від діаметрів отворів  $d_{\text{отв}}$  при заданій однаковій їх кількості ( $n = 20$ )

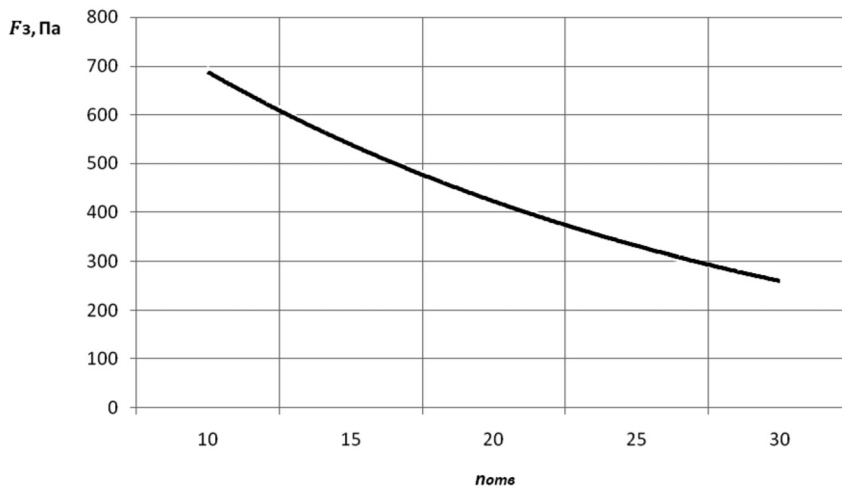


Рис. 2. Залежність сили утримання аркушевого матеріалу  $F_3$  від кількості отворів  $n$  при заданому діаметрі  $d_{\text{отв}} = 10$  мм та  $q = 260 \text{ г/м}^2$

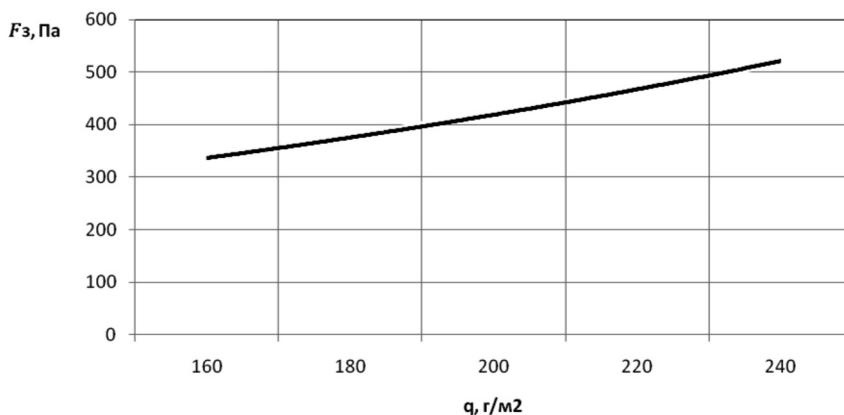
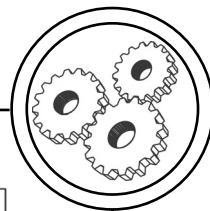


Рис. 3. Залежність сили утримання аркушевого матеріалу  $F_3$  від його маси  $q$  (при  $n = 20$ ,  $d_{\text{отв}} = 8,5$  мм)

збільшенні маси  $q$  необхідна сила утримання  $F_3$  зростає (рис. 3).

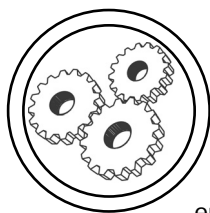
### Висновки

Перевагою вакуумного транспортування є те, що на аркушевий матеріал не діють механічні сили, що суттєво технічно спрощують міжопераційні процеси. Крім того півфабрикати не деформуються і не пошкоджуються виконавчими елементами транспортерів.

Використання безмарзанного способу обрізування аркушевого матеріалу виключає контакт різального інструмента з протиножем чи контрножем. Оскільки лезо ножа контактує безпосередньо тільки з півфабрикатом, то можна припустити, що його затуплення зводиться до мінімуму, а модернізована конструкція транспортувальної системи значно спрощує виконання технологічного процесу обрізування.

### Список використаної літератури

1. Топольницький П. В. Нові технології та пристрої для різання поліграфічних матеріалів та книжково-журнальних блоків : навч. посіб. / П. В. Топольницький, О. Б. Книш. — Львів : Афіша, 2003. — 88 с.
2. Регей І. І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. / Іван Іванович Регей. — Львів : УАД, 2011. — 144 с.
3. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч. 2 : Палітурне устаткування : підручник / Ю. Й. Хведчин. — Львів : УАД, 2007. — 392 с.
4. Пат. України на корисну модель № 98846. В31В1/14, В26D1/00. Пристрій для підготовки картонних боковинок фігурної палітурки / А. І. Іванко, Ю. О. Шостачук. — Заявл. 19.11.2014; Опубл. 12.05.2015. — Бюл. № 9, 2015. — 4 с.
5. Іванко А. І. Пристрій для фігурного обрізування аркушевих матеріалів в потокових лініях / А. І. Іванко, С. Л. Панов // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2015. — Вип. 4(50). — С. 105–110. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/54334>.



6. Юр'єва А. В. Расчёт вакуумных систем : учебное пособие / А. В. Юр'єва. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. — 114 с.

### References

1. Topolnytskyi, P. V. & Knysh, O. B. (2003). *Novi tekhnolohii ta prystroi dlia rizannia polihrafichnykh materialiv ta knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv* [New technologies and devices for cutting of printing materials and book-journal blocks]. Lviv: Afisha [in Ukrainian].

2. Rehei, I. I. (2011). *Spozhyvche kartonne pakovannia (materialy, proektuvannia, obladnannia dlia vyhotovlennia)* [Consumer carton packaging (materials, design, equipment for manufacturing)]. Lviv: UAD [in Ukrainian].

3. Khvedchyn, Iu. I. (2007). *Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia. Ch. 2 : Paliturne ustatkuvannia* [Bindery equipment. Part 2: Binding-machinery and equipment]. Lviv: UAD [in Ukrainian].

4. Ivanko, A. I. & Shostachuk, Iu. O. *Prystrii dlia pidhotovky kartonnykh bokovynok fihurnoi palitury* [Device for the preparation of cardboard of side notched cover] // Patent № UA98846. Publish 12.05.2015.

5. Ivanko, A. I. & Panov, S. L. (2015). *Prystrii dlia fihurnoho obrizuvannia arkushevykh materialiv v potokovykh liniiah* [Device for figure trimming of sheet materials in production lines]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva — Technology and Technique of Typography*, 4(50), 105–110 [in Ukrainian]. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/54334>.

6. Yur'eva, A. V. (2012). *Raschjot vakuumnyh sistem* [Calculation of vacuum systems]. — Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta [in Russian].

**В статье рассмотрена пневматическая система для транспортировки листового материала в зону его обрезки.**

**Ключевые слова:** листовой материал; вакуумная камера; транспортировочная система; обрезка; дисковый нож; самонаклад; приемный стол.

**The article deals with a pneumatic system for transporting the sheet material in its cutting area.**

**Keywords:** sheet material; vacuum chamber; transporting system; cutting; circular cutter; sheet feeder; receiving table.

Рецензент — О. В. Зоренко, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 06.06.16