

# Дослідження зусиль висікання розгорток картонних пакувань

С.В. Терницький, Українська академія друкарства, м. Львів

Зусилля висікання, що виникає під час виготовлення розгорток картонних пакувань, є вихідним параметром для визначення ресурсу висікальних лінійок [1, 2], навантажень, які виникають у штанцювальному пресі, для розрахунку його жорсткості і споживаної ним потужності при регулюванні зусилля натиску залежно від характеристик штанцювальної форми. Аналіз спеціалізованих літературних джерел [3–5] показав, що систематизована інформація щодо зусиль висікання відсутня, а наявна носить лише орієнтовний характер. Відсутня також і системна інформація щодо залежності величини зусиль висікання від основних впливових факторів. Результати окремих досліджень носять епізодичний характер [6, 7]. Експериментально отримані величини зусиль у разі використання прийнятої методики їхнього визначення можуть суттєво відрізнятись від технологічно необхідних внаслідок їхнього

зростання після завершення процесу висікання в результаті контакту висікальної лінійки з металевою опорною плитою.

Метою дослідження є визначення технологічно необхідних зусиль під час висікання виробів з пакувального картону двопунктовою лінійкою із центральним лезом із двобічною фаскою та встановлення залежностей технологічно необхідного зусилля від товщини картону з виявленням впливу напрямку розташування волокон матеріалу відносно висікальної лінійки (розрізування вздовж та поперек волокон картону) тощо.

Для дослідження технологічно необхідних зусиль, що виникають під час виготовлення розгорток картонних пакувань, застосовано розроблений метод та пристрій. Зразок картону 1 (рис. 1) у вигляді смужки шириною 20 мм розміщують на опорній пластині 2, яка знаходиться на столі 3 пристрою. Висікальна лінійка 4 кріпиться

на повзуні 5 за допомогою затискного елемента 6. Повзун 5, що є монолітним із динамометром 7, отримує поступальний рух від ексцентрикового механізму 8, який через циліндричну зубчасту 9 і черв'ячну 10 передачі приводиться від електродвигуна 11. На зовнішній і внутрішній поверхнях скоби динамометра 7 наклеєні тензорезистори  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  і  $R4$ , що під'єднуються до повної мостової схеми.

Переміщення повзуна 5 під час висікання вимірюється деформацією балки 12, що опирається на дві нерухомі опори, шляхом її деформування закріпленим на нижній частині повзуна мікрометричним гвинтом по мірі врізання висікальної лінійки в картон. На балку 12 зверху та знизу наклеєні тензорезистори ( $R5$ ,  $R6$ ,  $R7$  і  $R8$ ), що з'єднуються у повну мостову схему. Переміщення повзуна становило 5 мм, а швидкодія пристрою — 54 ц/хв.

На рис. 2 представлено типовий первинний запис як функцію від часу

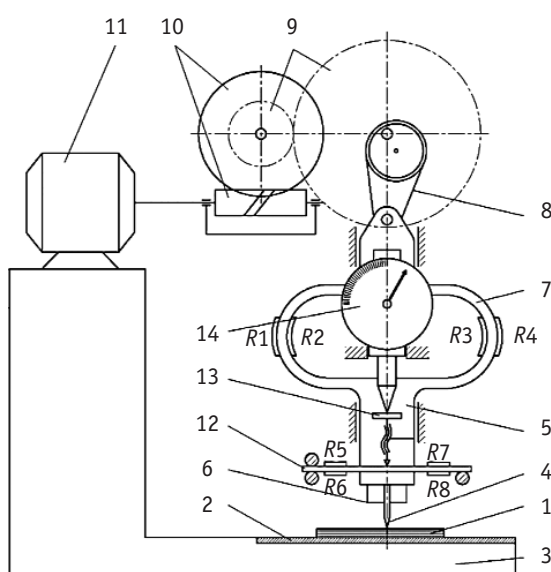


Рис. 1. Схема пристрою для дослідження технологічних зусиль штанцювання під час виготовлення картонної розгортки

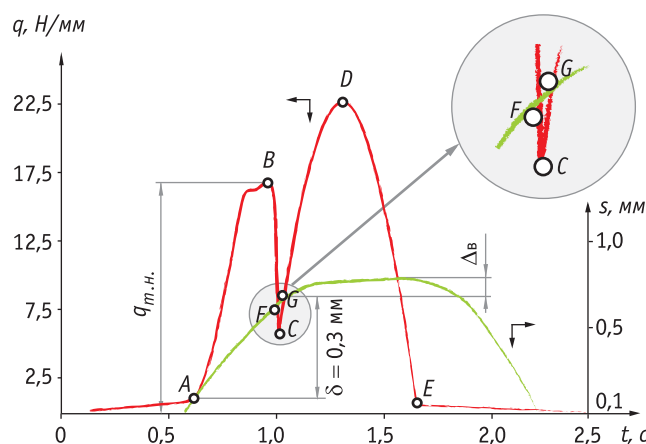
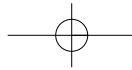


Рис. 2. Типові залежності технологічного зусилля висікання (—) та врізання (—) висікального інструмента в товщу картону



зусилля висікання  $q = f(t)$  (крива 1) та переміщення висікального інструмента  $s = f(t)$  (крива 2) у товщу картону. У точці *A* (рис. 2, крива 1) починається зростання зусилля, що свідчить про врізання висікальної лінійки в картон. У точці *B* досягається максимальне значення зусилля висікання, яке і є технологічно необхідним для даного зразка картону. Паралельно з реєстрацією зусилля висікання відбувається реєстрація переміщення висікального інструмента в товщу картону (рис. 2, крива 2). У разі досягнення максимального значення зусилля відбувається руйнування структури матеріалу, а після його завершення половинки картону миттєво розходяться (рис. 2, ділянка *B–C*). Унаслідок цього деформація скоби динамометра частково відновлюється (відрізок *F–G* на кривій 2) і зусилля знижується до точки *C*, що відповідає моменту контакту висікальної лінійки з опорною пластиною. Далі відбувається додаткове переміщення повзуна, що супроводжується деформацією скоби динамометра, і відповідне зростання зусилля до точки *D*. Аналогічна картина спостерігається і в штанцювальному пресі, коли із завершенням висікання величина зусилля на лінійки, яке сприймається

опорною плитою, додатково збільшується (унаслідок деякого зростання пружних деформацій преса). Під час піднімання повзуна зусилля монотонно зменшується до нуля — точка *E*. На підставі отриманих залежностей  $q = f(t)$  та  $s = f(t)$  шляхом комп'ютерного оброблення отримано залежність  $q = f(s)$ , тобто залежність технологічного зусилля висікання від величини врізання висікального інструмента в картон (рис. 3). Зусилля висікання поступово зростає залежно від величини врізання висікальної лінійки в картон. Спершу відбувається деформація картону, а в разі досягнення значення  $q_{max}$  під час врізання лінійки на величину  $s_q$  відбувається руйнування структури картону. Подальше переміщення висікальної лінійки призводить до врізання в опорну поверхню із збільшенням технологічного зусилля на величину  $q_{vr}$ . Слід відзначити характерну особливість цих діаграм: зусилля руйнування набуває максимального значення до досягнення інструментом крайнього положення. Експериментальні дослідження технологічно необхідного зусилля висікання проводилися із використанням нової висікальної лінійки із радіусом заокруглення ріжучої крайки 15 мкм,

товщиною 2 пункти за температури повітря 20–23 °С та відносної вологості повітря 60 %. Аналізуючи отримані залежності (рис. 4, 5), можна констатувати, що в разі зміни товщини досліджуваного картону характер кривих залишається незмінним, змінюється лише максимальне критичне значення зусилля висікання, тобто для кожної товщини картону існує певне значення технологічно необхідного зусилля висікання. Експериментальні дані технологічно необхідних зусиль висікання двох видів картону різної товщини поперек та вздовж волокон картону, розшифровані на основі тарувальних залежностей, представлені на рис. 6, 7. З рис. 6, 7 випливає, що технологічно необхідне зусилля монотонно зростає залежно від товщини картону. Однак зусилля висікання картону відбувається непропорційно збільшенню товщини картону. Так, у разі збільшення товщини картону вдвічі величина технологічно необхідного зусилля зростає лише на 33 %. Установлено, що під час висікання картону поперек волокон значення технологічно необхідного зусилля для картону хром-ерзац приблизно на 35 % більше, ніж у разі висікання вздовж волокон.

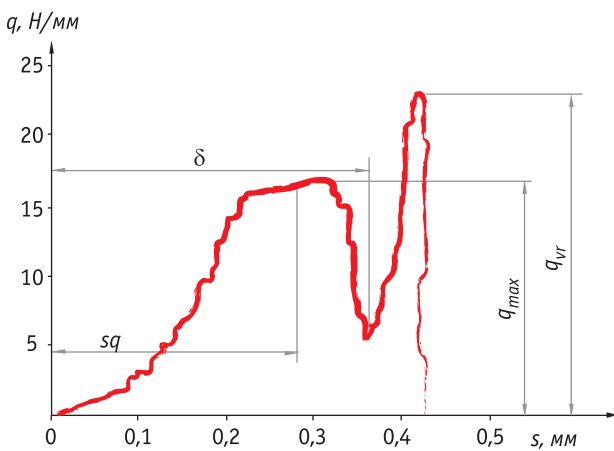


Рис. 3. Залежність величини технологічного зусилля висікання від величини врізання висікального інструмента в картон

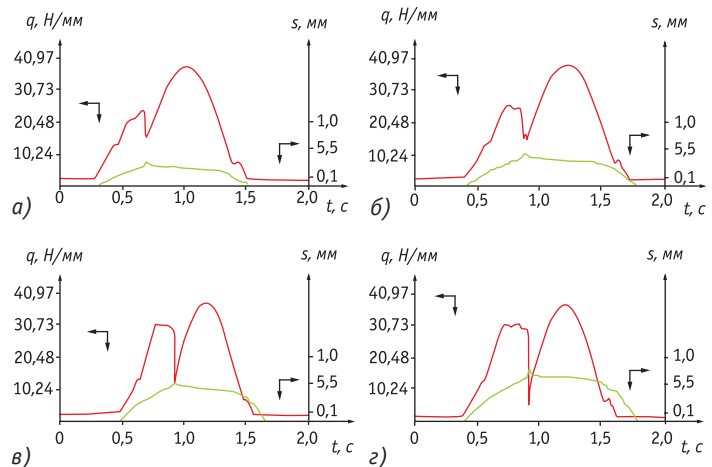
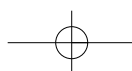
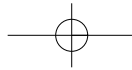


Рис. 4. Залежність від часу зусилля висікання (—) та врізання лінійки в картон (—) типу хром-ерзац крейдований за різної товщини картону вздовж волокон: 0,3 мм (а), 0,4 мм (б), 0,5 мм (в), 0,7 мм (з)





Відзначимо, що технологічно необхідне зусилля висікання для макулатурного картону майже однакове під час розрізання вздовж і поперек волокон, що пояснюється, ймовірно, менш орієнтованою структурою будови матеріалу. Причому величина і закономірність зміни зусиль від товщини для картону хром-ерзац вздовж волокон і картону макулатурного майже однакові.

У процесі експериментальних досліджень отримуємо статистичний ряд вимірювань двох значень, що об'єднуються залежністю  $q = f(\delta)$ . Для спрощення користування отриманими залежностями підбираються емпіричні формули, які є необхідними для подальшого аналізу. Характер зміни технологічно необхідного зусилля  $q_{m.n.}$  (Н/мм) залежно від товщини картону досить коректно можна описати емпіричною залежністю виду:

$$q_{m.n.} = A \cdot \delta^n, \quad (1)$$

де  $A$  (Н/мм<sup>n+1</sup>) і  $n$  — характеристики певного виду картону.

Для картону хром-ерзац:

— вздовж волокон:

$$q_{m.n.} = 36,621 \cdot \delta^{0,37848}; \quad (2)$$

— поперек волокон:

$$q_{m.n.} = 59,91 \cdot \delta^{0,4819}. \quad (3)$$

Для макулатурного картону:

— вздовж волокон:

$$q_{m.n.} = 34,636 \cdot \delta^{0,153}; \quad (4)$$

— поперек волокон:

$$q_{m.n.} = 35,897 \cdot \delta^{0,3411}. \quad (5)$$

Відповідно до методики, для дослідження технологічно необхідного зусилля висікання  $q_{m.n.}$  приймалась смужка картону шириною 20 мм, тобто здійснювалося її відрізування (рис. 8, а). Для виявлення впливу торцевого з'єднання картону, тобто його прорізання, було проведено додатковий експеримент, за якого смужка картону була більшою, ніж довжина висікальної лінійки (рис. 8, б). Порів-

няння максимальних значень зусиль висікання для цих двох випадків свідчить, що в разі прорізання вони вищі (для одного стику) на:

$$\alpha = \frac{q_{прос.} - q_{вис.}}{2 \cdot q_{прос.}} = \frac{39,15 - 32,3}{2 \cdot 39,15} = 0,08, \quad (6)$$

де  $\alpha$  — коефіцієнт впливу одного стику на  $q_{m.n.}$ .

Таким чином, для розрахунку загального навантаження у пресі від висікання необхідно врахувати кількість стиків  $z$  і коефіцієнт впливу  $\alpha$ :

$$P_{вис.} = q_{m.n.} (l_{\Sigma} + z \cdot \alpha), \quad (7)$$

де  $l_{\Sigma}$  — загальна довжина висікальних лінійок у штанцювальній формі.

Порівняння залежностей  $q_{прос.}$  і  $q_{вис.}$  (рис. 8) свідчить про різний характер зміни цих зусиль після завершення висікання. Під час висікання смужки картону миттєво відскакують ( $B-C$ ) і зусилля стрімко спадає, а в разі просікання воно також зменшується, але значно менше.

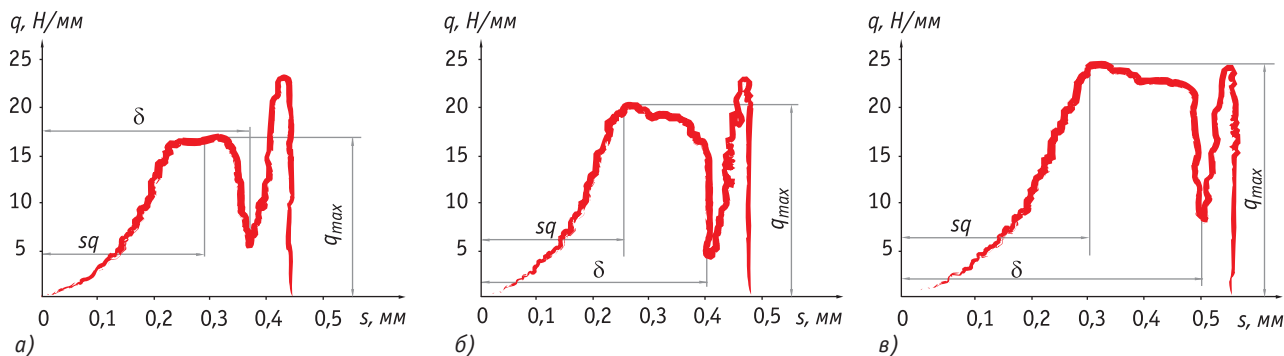


Рис. 5. Залежність зусилля висікання від врізання лінійки в товщу картону хром-ерзац товщиною 0,3 мм (а), 0,4 мм (б), 0,5 мм (в)

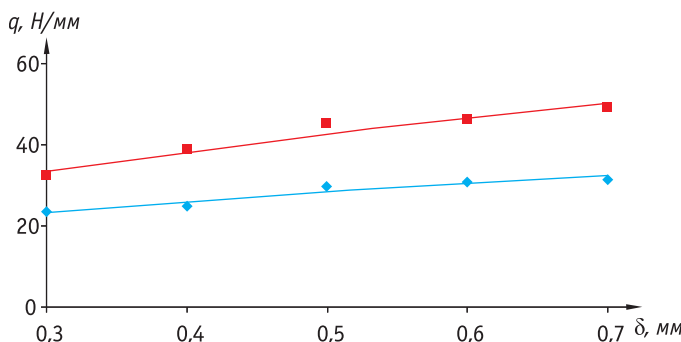


Рис. 6. Залежність зусилля висікання від товщини для картону типу хром-ерзац крейдований: обчислена за емпіричною формулою (2), поперек волокон (■); обчислена за емпіричною формулою (3), вздовж волокон (◆)

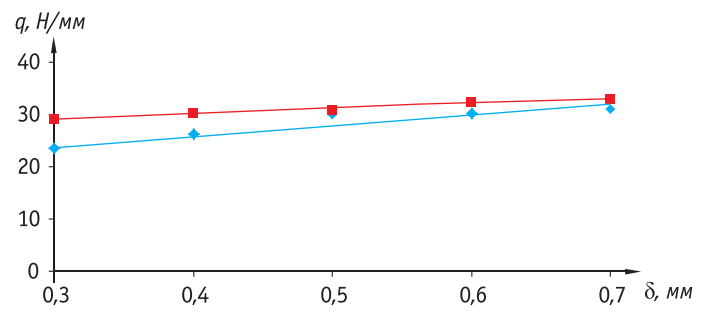
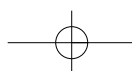
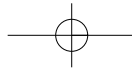


Рис. 7. Залежність зусилля висікання від товщини для картону типу макулатурний некрейдований: обчислена за емпіричною формулою (4), поперек волокон (■); обчислена за емпіричною формулою (5), вздовж волокон (◆)





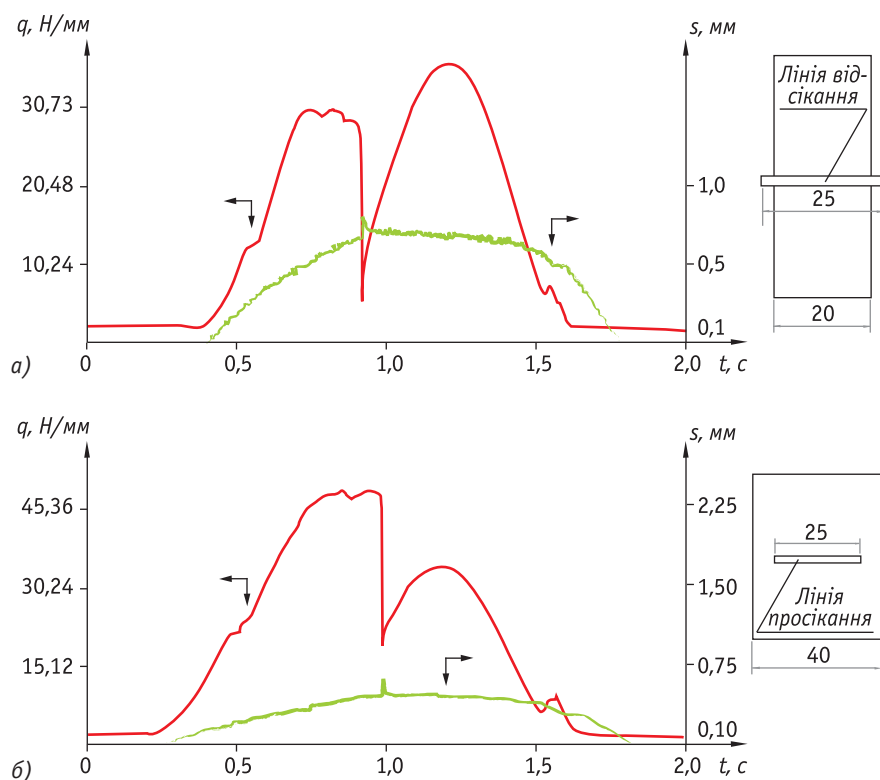
**Висновки**

1. Розроблено метод дослідження, що дав можливість отримати технологічно необхідні зусилля висікання картону і зміну цих зусиль у функції переміщення інструмента.
2. Установлені значення технологічно необхідних зусиль висікання для двох видів картону різної товщини.
3. Виявлені залежності зусиль висікання від товщини картону. Запропоновані емпіричні формули для визначення  $q_{m.n.} = f(\delta)$ .
4. Виявлені особливості впливу способів висікання та просікання і можливості його врахування під час визначення сумарного зусилля від висікання.
5. Викладені результати досліджень будуть корисними під час розв'язання практичних завдань, зокрема для визначення сумарних навантажень у штанцювальних пресах, а також крутних моментів і споживаної потужності у пресах плоскоциліндрового типу.

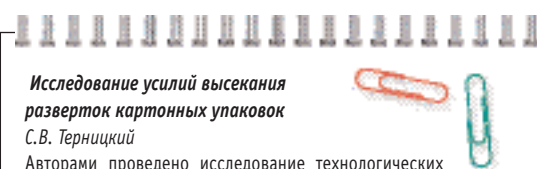
**Література**

1. *Банах Ю.О.* Експериментальне дослідження процесу штанцювання на пресах тигельного типу з підвищеною точністю базування його робочих органів // Поліграфія і видавнича справа. — Л.: УАД, 1998. — № 34. — С. 159–163.
2. *Банах Ю.О.* Технологічні навантаження в процесі штанцювання і шляхи їх зменшення // Поліграфія і видавнича справа. — Л.: УАД, 1997. — № 32. — С. 67–70.
3. *Задра В.М.* Дослідження технологічних навантажень під час обробки круглих внутрішніх отворів у картоні / В.М. Задра // Наукові записки УАД. — 2000. — № 2. — С. 18–20.
4. *Регей І.І.* Теорія розрахунку засобів і процесу вирізування зовнішніх випуклих криволінійних контурів у розгортках картонного пакування [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://druk.kpi.ua/files/publications/8707-4\\_5-04.pdf](http://druk.kpi.ua/files/publications/8707-4_5-04.pdf)

5. *Регей І.І.* Засоби штанцювання картону (обґрунтування конструктивних особливостей та технічних параметрів) / І.І. Регей, Р.І. Федішин, С.В. Терницький // Упаковка. — 2008. — № 5. — С. 29–31.
6. *Хведчин Ю.И.* Резальные машины и комплексы POLAR: Учеб. пос. / Ю.И. Хведчин, Ю.А. Шостачук, М. Оучар. — К.: ПКТ «СТ-Друк», 2004. — 204 с.
7. *Хведчин Ю.И.* Технологічні комплекси і лінії для післядрукарської обробки етикетки / Ю.И. Хведчин, І.І. Регей // Упаковка. — 2005. — № 1. — С. 44–47.
8. *Чехман Я.І.* Особливості визначення зусиль при висіканні картону на плоскоциліндровому пресі / Я.І. Чехман, С.В. Ткач, І.М. Кравчук // Наук. записки. — 2003. — № 6. — С. 21–24.
9. [б/а] [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.kig.com.ua/index.php?menu\\_id=1&submenu\\_id=4&article\\_type\\_id=39&article\\_id=353](http://www.kig.com.ua/index.php?menu_id=1&submenu_id=4&article_type_id=39&article_id=353)



**Рис. 8.** Вплив способу висікання картону хром-ерзац товщиною 0,7 мм вздовж волокон: відсікання (а), просікання (б)



**Исследование усилий высекания разверток картонных упаковок**  
*С.В. Терницкий*

Авторами проведено исследование технологических усилий, возникающих в процессе высекания разверток картонных упаковок, что дает возможность получить точное и систематизированное значение технологически необходимого усилия высекания в зависимости от толщины и типа картона, направления его волокон и способа высекания.

*Ключевые слова:* усилие технологическое; высекание; пресс высекающий; линейка высекающая; развертка упаковок, картон.

**Research of efforts of carving involutes of cardboard packing**  
*S.V. Ternitsky*

There are conducted researches of technological efforts, which arise up in the process of carving of involutes of cardboard packing, that allows to get the exact and systematized meaning of technologically necessary effort of carving depending on a thickness and type of cardboard, direction of fibres of cardboard and method of carving.

*Key words:* flexible packaging materials, physical properties, mechanical properties, filling and packaging machines.

