

УДК 665:686.126+686.4

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАРТОНІВ

Л. Й. Кулік

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

*Описано властивості пакувальних картонів, їхній склад, будову та вплив на міцнісні показники пакування.*

*Ключові слова: картонні пакування, деформаційні властивості картонів, ефективний модуль розтягу картонів.*

За останні роки суттєво підвищились вимоги до пакувань з огляду на умови їхньої експлуатації та вплив різноманітних чинників на стадіях виготовлення, транспортування, зберігання та використання. Сьогодні у поліграфічній галузі можна простежити істотні структурні зрушення, що великою мірою зумовлено впливом інформаційних технологій, які викликають позитивні тенденції різних сегментів ринку друкованої продукції.

**Постановка проблеми.** Прогресивні зміни на ринку зумовлені появою нових видів картонів, а структурні зрушення пов'язані з посиленням конкуренції, що стимулює виробників до створення нових технологій і матеріалів та впровадження заходів, спрямованих на скорочення витрат і підвищення рівня якості продукції. Відомо, що папір та картон володіють в'язко пружними властивостями. Внаслідок впливу навантажень у них виникають пружні, в'язкопружні та залишкові деформації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для опису стану паперу чи картону, що містяться під навантаженням уздовж однієї осі, опрацьовано різні реологічні моделі, а їх корисність проаналізовано в багатьох наукових працях. Модель Бюргерса є однією з основних моделей. Зокрема, вона описує чотири стани паперу: релаксацію напружень, релаксацію деформацій, повзучість і появу залишкових деформацій. Відома модель М. Мартінковського, який описує стан паперу за допомогою двовимірної реологічної системи, яка ґрунтується на моделях Зенера і Пойнтінга–Томпсона, що моделюють напруження у двох головних напрямках площини паперу. На практиці для опису стану паперу за низького рівня напружень і короткого часу їхньої дії переважно використовують закон Гука. При цьому не враховують залишкові деформації, які є незначні. Втім, отримані результати є досить точними. Здебільшого папір розглядають як пружне тіло. Модуль Юнга є однією із стандартизованих механічних властивостей, що визначають для паперу. До речі, відомі методи для визначення таких модулів пружності паперу, як коефіцієнт Пуансона та модуль зсуву (модуль пружності другого роду) [3].

Широке застосування картону у виготовленні паковань зумовлено тенденціями розвитку сучасного матеріалознавства, а саме: використанням сировини, її утилізації та можливості переробки. Крім того, перевагою картонних паковань є її екологічність, адже вона не містить шкідливих домішок.

Сьогодні на ринку поліграфічних матеріалів є картони різного виду. Відомо, що на якість друкування впливає склад і властивості картону, особливо волокнисті матеріали, які є основою паперу чи картону. Картон є багат шаровим композиційним матеріалом, тому для його внутрішніх шарів використовують дешевші волокнисті матеріали, ніж зовнішні. На сьогодні для виготовлення картону застосовують целюлозу, деревну масу та макулатуру. Якість паперу чи картону великою мірою залежить від виду використаних напівфабрикатів, які здебільшого отримують із рослинної сировини: очерету, соломи, коноплі, бавовни. Для спеціальних технічних видів паперу та картону використовують синтетичні (поліамідні, поліефірні, поліпропіленові), мінеральні (азбест, скло, шлаковата) та інші волокна.

Однією з основних груп властивостей, які впливають на вибір паперу чи картону для виконання різних технологічних операцій, є механічні та деформаційні властивості. До них, зокрема, належать такі властивості: стійкість паперу до висмикування під час друкування, розривна довжина або міцність на розрив, міцність паперу на згин та ін. Головними чинниками, які впливають на міцність та деформацію паперу чи картону, є склад за волокном та ступінь їхнього розмелу, наявність наповнювача, поверхнева проклейка, ступінь каландрування, вологість. Зауважимо, міцність паперу чи картону залежить від його складу та структури. Проте, міцність паперу здебільшого визначає не міцність самого волокна, а міцність зв'язків між волокнами, що залежать від ступеня фібрилювання волокон та щільності паперу. На кількість зв'язків між волокнами та міцність паперу впливає його волокнистий склад. Утім, треба пам'ятати, що наповнювачі послаблюють контакти між волокнами.

У поліграфічному виробництві папір чи картон витримує різні види деформацій. Під дією навантаження папір чи картон може зазнати зворотної та незворотної деформації. Під час друку папір стискається під дією друкарського циліндра. Вивільнившись від натиску, він набуває попереднього стану або зберігає ледь помітну залишкову деформацію. Тому важливо дослідити напружено-деформований стан картонів у процесі друкування.

У дослідженні проаналізовано картони, які часто використовують на поліграфічних підприємствах, проте мають різний склад та будову. До прикладу, зразок № 1 — це картон M-Real марки GC-2 (Фінляндія), в склад якого входить тільки целюлоза; зразок № 2 — картон марки Smurfitкарпа, який містить целюлозу та крафт на звороті; зразок № 3 — картон MCB марки GT2 (Австрія) складається із целюлози та макулатури. Для оцінювання деформаційних властивостей досліджуваних картонів використано стандартні методики за допомогою розривної машини РМБ-30-2М.

**Результати досліджень.** Для досліджуваних картонів виокремлено показники, які характеризують їх структуру: масу  $1\text{ м}^2$ , товщину, щільність (табл. 1). Бо

від структури матеріалу залежить його взаємодія із друкарською фарбою. В процесі друкування та оздоблення паковань треба враховувати структуру матеріалу. Відомо, що пористі та рихлі матеріали легко згладжуються в процесі друкування та забезпечують непогану якість друку, проте чіткість растрових елементів погіршується. Також відзначимо, що структура матеріалу впливає на його взаємодію з друкарською фарбою. При друкуванні на пористих матеріалах друкарська фарба глибше проникає в структуру картону, а в процесі її висихання може привести до зміни оптичної щільності відбитка.

Таблиця 1

### Характеристики картонів

№ зразка	Маса 1м <sup>2</sup> , г	Товщина, мм	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Різновтовщинність, %
1	260	0,268	0,970	1,08
2	265	0,423	0,626	2,36
3	270	0,348	0,776	5,18

На якість віддрукованих зображень, особливо під час друку плашок, впливає різновтовщинність картону та рівномірність покривного шару. Якщо картон значно розрізняється за товщиною в межах аркуша, тоді тиск у процесі друку в зоні друкарського контакту розподіляється нерівномірно, погіршуючи тим самим однорідність друку, що призведе до неякісних відбитків (появи плям) [5]. Відомо, що використання макулатурної маси в процесі виготовлення картонів може призвести до різновтовщинності через потрапляння кусочків непровареної паперової маси.

Відомо, що в процесі друкування та оздоблення картон підлягає дії розтягу та деформації, тому в процесі виготовлення паковань треба враховувати деформаційні властивості картонів. Результати досліджень деформаційних властивостей наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Деформаційні властивості картонів

№ зразка	Видовження перед розривом, мм		Відносне видовження, %		Ефективний модуль розтягу, МПа	
	повзд.	попереч.	повзд.	попереч.	повзд.	попереч.
1	3,7	9,8	1,85	4,90	4537	798
2	3,3	6,3	1,65	3,15	2608	781
3	2,5	3,7	1,25	1,85	3111	756

Результати досліджень деформаційних властивостей зразків картонів при розриві показують, що найбільшу пружність має картон № 1, а найменшу — № 3.

На рис. 1 показано ефективний модуль розтягу досліджуваних картонів, що чітко простежуються лише для повздовжнього напрямку волокон.

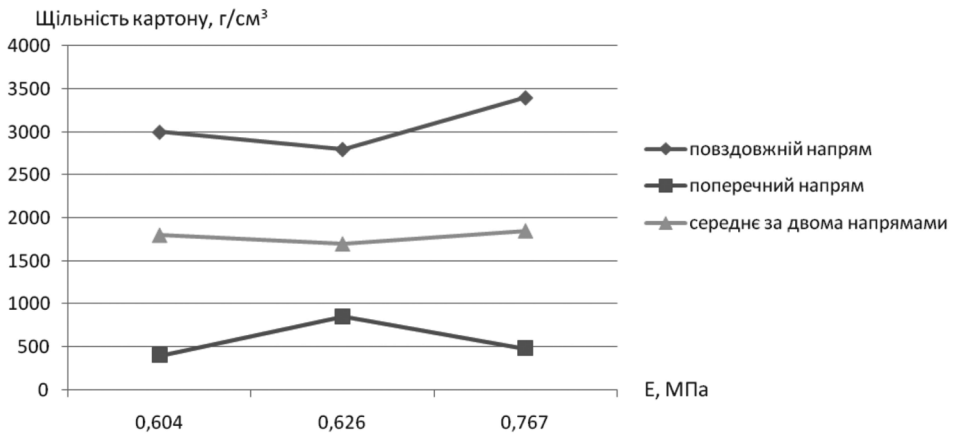


Рис. 1. Ефективний модуль розтягу досліджуваних картонів

У технологічному процесі друкування, особливо післядрукарському процесі виготовлення паковань, треба враховувати розтяг картонів під дією навантаження, адже значний розтяг може призвести до того, що не збігатимуться фарби. Варто зазначити, що під час розтягування можуть зруйнуватися окремі зв'язки без порушення цілісності картону, що призведе до незворотніх деформацій.

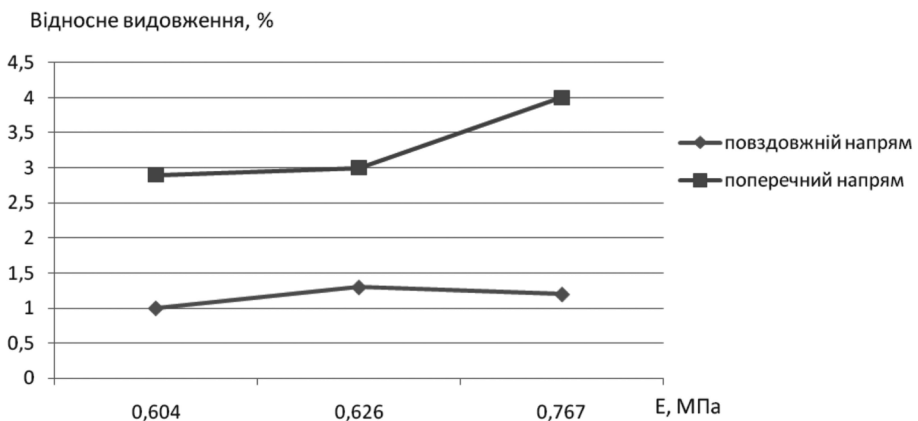


Рис. 2. Відносне видовження досліджуваних картонів

**Висновки.** Отже, аналіз досліджень підтвердив теоретичні положення, згідно з якими значення зусиль розтягу для картонів значно менші, ніж зусилля, які вони витримують у друкарській машині, що може спричинити незворотню деформацію. Тому під час розкроювання картонних заготовок треба враховувати вид картону, напрям волокон, його механічні властивості та технологічний процес виготовлення паковань.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Обзор украинского рынка упаковочных материалов [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://bizrating.com.ua/56/articles/544/index.html>.
2. Жидецький Ю. Ц. Поліграфічні матеріали / Ю. Ц. Жидецький та ін. ; під редакцією докт. техн. наук, проф. Е. Т. Лазаренка. — Львів : Афіша, 2001. — 328 с.
3. Шевчик В. Г. Методи розрахунку механічних властивостей картону / В. Г. Шевчик, С. Є. Хаджинова [Політехніка Лодзька, інститут паперової промисловості і поліграфії] // Упаковка: матеріали. — К. — 2013. — № 1. — С. 20–25.
4. Хюн Ю. Сравнительный анализ свойств упаковочных картонов / Ю. Хюн, А. Буйнова, Е. Климова. // Полиграфия. — 2005. — № 1. — С. 80–82.

**RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES OF CARDBOARD**

L. J. Kulik

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

*We have described the properties of packaging cardboards, their composition, structure and impact on strength indicators of packaging.*

**Keywords:** *cardboard packaging, cardboard deformation properties, effective module of cardboard tension.*

*Стаття надійшла до редакції 02.03.2016.*