

УДК 686.1.658.56

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ
НА КУТИ РОЗКРИВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ**

© С. Ф. Гавенко, д.т.н., професор, УАД, Львів,
І. Ю. Логазяк, к.т.н., НТУУ «КПІ», Київ,
Л. В. Туряб, УАД, Львів, Україна

**Исследовано влияние нагрузки, которой подвергается
клеевое соединение при чтение книги на качество раскрывания
изданий несшивного клеевого скрепления.**

**The influence of load which is subject to adhesive connection
while reading the book on quality opening books adhesive
bonding.**

Постановка проблеми

Нерідко можна почути від читачів нарікання на те, що книги, виготовленні за технологією незшивного клейового скріплення погано розкриваються і слід прикладати додаткові зусилля на корінець блока, щоб забезпечити зручність читання. А це, як правило, призводить до руйнування конструкції видання — розриву блока і випадання аркушів. Тому мета досліджень полягала у визначенні факторів впливу на читабельність видань, виражену кутом розкривання книжкового блока.

Експериментально встановлено, що для забезпечення доброго розкривання видань незшивного клейового скріплення, слід звернути увагу на навантаження, якому підлягає клейове з'єднання при читанні книги. Аркуші книги, відігнуті під силою власної ваги, створюють певні навантаження в місцях їх склеювання. У книжковому блоці, який добре розкривається, такі зусилля мінімальні.

Для визначення зусиль в зоні склеювання аркуша необхідно виявити умови, при яких аркуш, розміщений вертикально, самовільно відхилиться і займе положення, зручне для читання. Якщо аркуш має довжину l (рис. 1) при рівномірно розподіленому навантаженні від власної ваги q , і відсутності його короблення, рівняння пружної кривої y аркуша можна описати виразом:

$$y = c(1 - \cos \frac{\pi z}{2l}),$$

де c – стала інтегрування.

Критичне навантаження аркуша від власної ваги $q_{кр}$ (кгс/см) визначаємо за формулою:

$$q_{кр} = \frac{E \cdot I \cdot K}{2l^3},$$

де E – модуль пружності аркуша паперу кгс/см²; I – момент інерції аркуша на згин, см⁴; K – безрозмірний коефіцієнт;

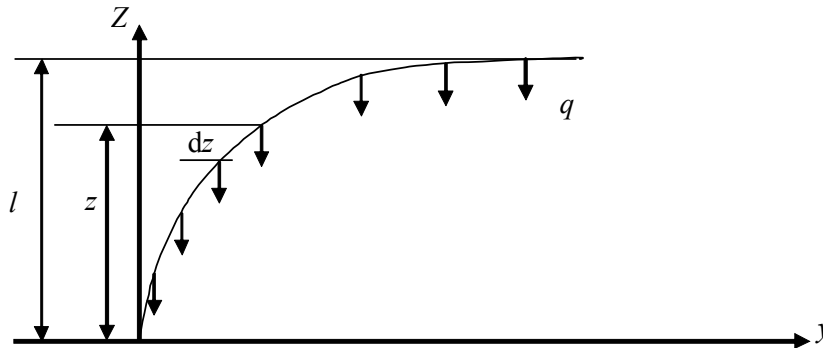
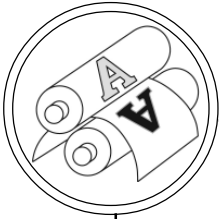


Рис. 1. Схема згинання скріплених аркушів блока під зусиллям власної ваги

$$K = \frac{\pi^4}{\pi^2 - 4}$$

Приймаючи $l = \frac{B \cdot a^3}{12}$ і $q = B \cdot \gamma \cdot a$, де B – ширина аркуша (см); γ – щільність паперу (кгс/см³); a – товщина аркуша (см), одержимо значення критичної товщини аркуша

$$a_{кр} = l \sqrt{\frac{\gamma}{EK}}$$

і довжини аркуша (ширини книги)

$$l_{кр} = 3 \sqrt{\frac{EKa^2}{\gamma}}$$

Беручи до уваги ці значення товщини і довжини аркуша, сторінка в книжковому блоці легко лягатиме на стіл при читанні, тобто кут розкривання буде наближеним до 180°. Очевидно, що визначити основні навантаження, які сприймає аркуш в корінці книжкового блока при незшивному клейовому скріпленні, можна тільки в тому випадку, коли

відома форма, яку набуває він при розкриванні книги.

Аналіз попередніх досліджень

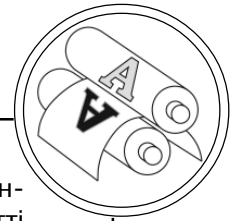
На основі експериментальних досліджень було встановлено, що найважливішою умовою для доброго розкриття книги є правильне склеювання аркуша в корінці блока. Припускаємо, що умови склеювання можна визначити з розрахунків зусиль, які виникають у місцях скріплення. Згинний момент M в місці скріплення аркуша визначаємо за рівнянням:

$$M = A \frac{dv}{ds}$$

Значення першої похідної функції є основою для розрахунку зусиль у місцях скріплення. Крім того, воно залежить від властивостей паперу і його розмірів (жорсткість паперу $A = E \cdot l$).

Моменту, який виник в місці скріплення протиставляється момент закріплення самого аркуша, що визначається з рівняння:

$$M = P \cdot x$$



де P – зусилля розшаровування в місці склеювання паперу; x – глибина заклеювання аркушів. Як показали численні заміри, це зусилля практично для усіх видів паперу складає близько 200 г/см^2 . Для надійності скріплення аркушів у місці їх склеювання достатній подвійний запас міцності, тобто $0,1 \text{ кгс/см}$. Тоді глибина заклеювання аркушів складе $10M$. При проведенні елементарних розрахунків ця величина в залежності від граматури паперу і її товщини змінюється від $0,1$ до $0,5 \text{ мм}$.

Знаючи величину згинного моменту, можна визначити нормальні напруження в аркуші у, передані на його торець:

$$y = \frac{M \cdot a}{2I} = \frac{6M}{B \cdot a^2}.$$

Для зручного розкриття й одночасно високої міцності закріплення аркуша глибина проклеювання в корінці блока повинна складати не більше $0,5 \text{ мм}$. У цьому випадку площа склеювання стане достатньою для запобігання вириву аркуша з книги при максимальному розкриванні блока.

Найбільш стійким до руйнування є той книжковий блок, що утворює при розкриванні «півкруг» у корінці. Якщо клейова плівка при розкриванні сильно перегинається і ламається, така книга швидко руйнується. Перегин плівки на корінці залежить від властивостей самої плівки та її товщини.

Якщо прийняти, що на клейову плівку в корінці блоку діють тільки нормальні навантаження від аркушів книги, то рівномірно

розподілене нормальне навантаження при повному розкритті книги можна визначити за формулою:

$$q_{кр} = \frac{8A_1}{R^3},$$

де $q_{кр}$ – навантаження при повному розкритті книги; A_1 – жорсткість клейової плівки і матеріалу на корінці; R – радіус заокруглення «зводу» корінця, см.

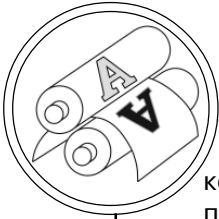
$$A_1 = E_1 \frac{B \cdot h^3}{12}; \quad \dots \quad R = \frac{C \cdot a}{2\pi},$$

де E_1 – модуль пружності матеріалу на корінці, кгс/см^2 ; B – висота книги, см; h – товщина клейової плівки і матеріалу на корінці, см; C – кількість сторінок у блоці.

Результати проведених досліджень

Експериментально досліджено, що при збільшенні товщини плівки і матеріалу на корінці різко зростає стійкість форми корінця. Те ж відноситься і до товщини блока: збільшення обсягу блока не дозволяє одержати стійкий корінець з тими ж властивостями корінцевого матеріалу.

Таким чином, міцне клейове скріплення блока можна забезпечити при доброму розкритті книги без прикладання зовнішнього навантаження. При вільному розкриванні книги в місці скріплення аркушів виникають моменти і нормальні напруження, що змінюються в залежності від властивостей паперу блоку і розмірів сторінки. Для компенсації виникаючих напружень необхідно міцно склеїти аркуші між собою. Зберігання



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

конструкції книги досягається при відсутності руйнування корінця при розкриванні. Якщо корінець блока при розкриванні утворює «півколо», така книга довго зберігається без зміни. Для забезпечення стійкого «півкола» при розкритті блока плівка на корінці повинна мати певні фізико-механічні властивості.

Встановлено, що при товщині блока від 1 до 20 мм і товщині клейової плівки на корінці 0,3–0,4 мм модуль пружності плівки з корінцевим матеріалом складає 3000 кгс/см². При товщині блока від 21 до 40 мм і товщині плівки 0,3–0,4 мм модуль пруж-

ності збільшується в 2 рази. При товщині книги від 41 до 60 мм і товщині плівки 1,5 мм модуль пружності зростає в 3 рази.

Для досліджень міцності незшивного клейового скріплення з врахуванням глибини фрезерування (табл. 1), були використані блоки, виготовлені з офсетного паперу Еко, на машині A5 MüllerMartini.

У цих же блоків були визначені кути розкривання при змінних параметрах: навантаженнях на корінець і без нього (рис. 2). Для порівняння використовували книжкові блоки зшиті нитками (табл. 2, 3).

Таблиця 1

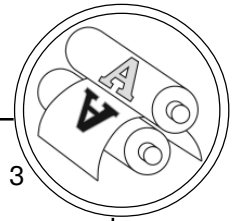
Міцність незшивного клейового скріплення блоків

Глибина фрези, мм	Міцність скріплення, [Н/м]	Оцінка
5	6,327	достатня
8	6,612	достатня
10	7,943	добра
13	8,365	добра
16	9,269	дуже добра

Таблиця 2

Зміна геометрії корінцевої зони книжкових блоків, виготовлених способом НКС в процесі розкривання

Обсяг видання, стор.	Розміри блока, мм			Кут згину корінця γ , град.		Радіус згину корінця, мм	
	H	L	B	$\alpha=90^\circ$	$\beta=180^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\beta=180^\circ$
175	6	197	124	98	60	0,1	0,1
192	10	210	140	105	150	1	1
230	12	200	123	130	90	0,1	0,1
254	6	197	129	98	60	0,1	0,1
296	13	200	140	95	48	1	1
302	15	195	125	100	45	1	1
320	16	165	125	115	140	0,1	0,1



Таблиця 3

Зміна геометрії корінцевої зони книжкових блоків,
зшитих нитками, в процесі їх розкривання

Обсяг видання, стор.	Розміри блока, мм			Кут згину корінця γ , град.		Радіус згину корінця, мм	
	H	L	B	$\alpha=90^{\circ}$	$\beta=180^{\circ}$	$\alpha=90^{\circ}$	$\beta=180^{\circ}$
312	20	165	117	150	110	40	12
336	18	215	160	175	130	150	45
368	18	214	140	156	100	20	6
430	25	210	140	145	135	34	8
520	20	200	140	150	130	140	50
535	25	198	123	155	135	34	16
840	50	160	105	101	40	63	7

В результаті проведених порівняльних досліджень кутів розкриття книжкових блоків, скріплених нитками і незшивним клейовим способом, встановлено, що кути згинання в корінці для видань зшитих нитками знаходяться в діапазоні (від 150 до 175 градусів), а для видань НКС (від 98 до 115 градусів).

Як видно з рис. 2 і 3 кути розкривання блоків, скріплених термоклеєм, є недостатніми навіть під дією навантаження на корінець (ЗН), що вимагає від читача прикладання додаткових зусиль для забезпечення зручності читання таких видань, що в кінцевому результаті може привести до руйнування клейових з'єднань.

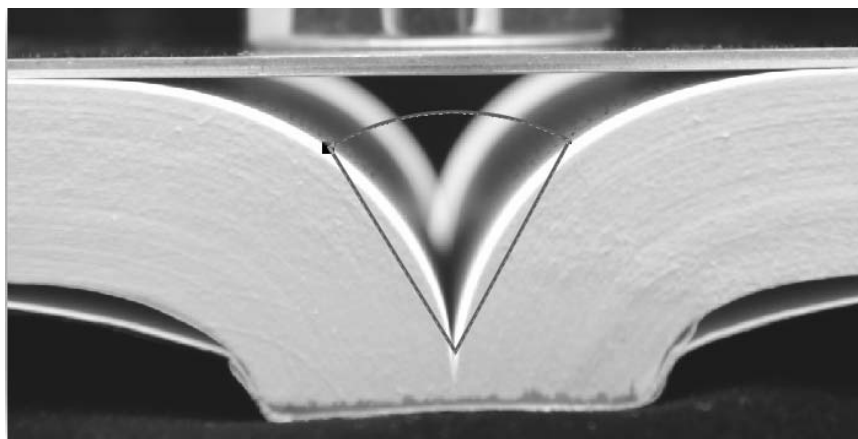
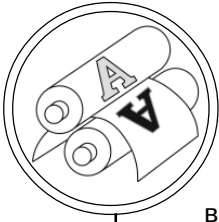


Рис. 2. Кут розкривання блока складає 70°
(з навантаженням на корінець)



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Блоки, скріплені поліуретановими клеями, дослідження яких показані на рис. 4 і 5 мають краще

розкриття в корінцевій зоні і задовільну читабельність при тих же навантаженнях (ЗН). Це дозво-

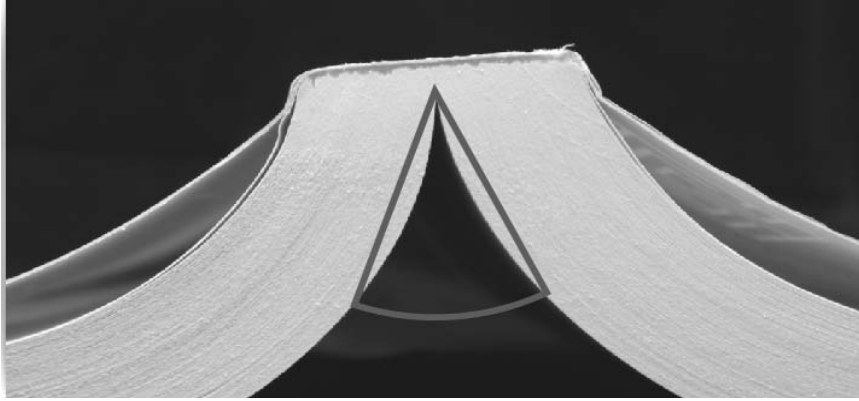


Рис. 3. Кут розкриття в корінці блока складає 51° (під діє власної ваги)



Рис. 4. Кут розкриття блока складає 122° (при навантаженні на корінець)

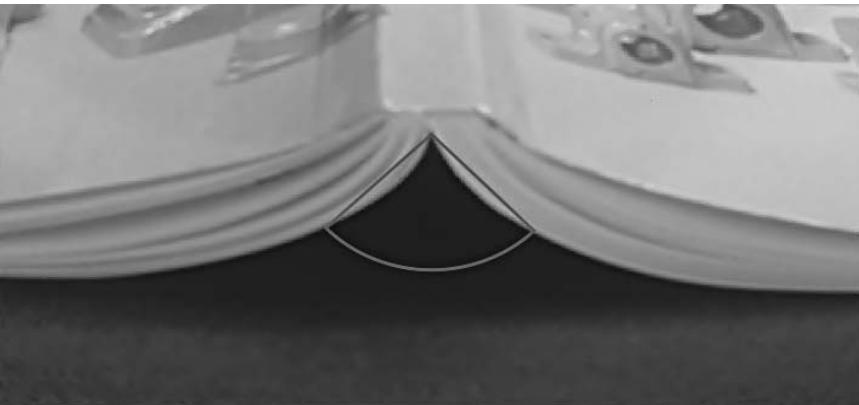
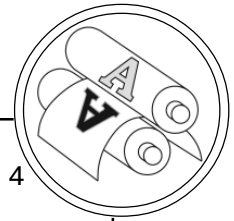


Рис. 5. Кут розкриття блока під дією власної ваги і навантаженням на корінець складає 104°



Таблиця 4

Кути розкривання книжкових блоків

Розміри книжкового блока			Клей	Кут розкривання α° , під дією власної ваги сторінок		Розкривання під навантаженням $P = 1-3H$ (0,1-0,3 кгс)	
Ширина	Висота	Товщина		Біля корінця	Повний	H, см від корінця до горизон. поверхні	Кут розкривання
14,0	20,5	0,6	Вододисперсійний	51	159 ⁰ 30'	1,0	166 ⁰ 35'
14,4	21,5	1,7	Термоклей	38	140 ⁰ 20'	0,9	160 ⁰ 40'
13,0	16,0	1,5	Поліуретановий	48	150 ⁰ 5'	0,4	167 ⁰
17,6	26,6	4,5	Термоклей	45	145 ⁰ 30'	1,2	159 ⁰
13,2	17,2	2,8	Вододисперсійний	79	165 ⁰	0,6	170 ⁰
15,2	21,0	0,8	Вододисперсійний	68	162 ⁰	0,7	176 ⁰
16,0	23,0	1,5	Поліуретановий	65	160 ⁰	0,5	174 ⁰

ляє стверджувати, що плівка ПУ-клею має добру еластичність і забезпечує задовільні умови читабельності книжкових видань. Дослідження впливу розмірів блока, виду клею та навантаження на корінець на кути розкривання видань наведені в табл. 4.

Висновок

Таким чином, в результаті здійсненого моделювання де-

формаційних процесів конструкції видання при розкриванні блоків, виявлено та експериментально підтверджено, що їх читабельність може бути виражена кутом розкривання, на величину якого суттєвий вплив мають геометричні розміри книги, вид клею, товщина клейової плівки, її деформаційні характеристики.

1. Гавенко С. Ф. Нормалізація технології незшивного клейового скріплення книг: теоретичні та практичні аспекти. — Львів : Каменяр, 2002. — 320 с. 2. Гавенко С. Ф. Про еволюцію форм і методів квалілогії книги // Палітра друку. — 1997. — № 1. — С. 8-9. 3. Корнилов И. К. Конструкция книжного блока при клевоомскреплении / технологические аспекты : Учебное пособие. — М. : Изд.-во МГАП «Мир печати», 1996. — 68 с. 4. Dinner W. Probleme der Hotmelt Binding// Druck Print. — 2000. — P. 89-114. 5. Stadler P. VeranderheneKlebstofte die Klebebindetechnik// Bindereport. — 1999. — № 4. — P. 47-59. 6. Гавенко С. Конструкція книги / С. Гавенко, Л. Кулік, М. Мартинюк — Л. : Фенікс, 1999. — 136 с. 7. Гавенко С. Аналіз клеїв як фактора ризику в технології незшивного клейового скріплення / С. Гавенко, Г. Йордан, О. Лиско // Поліграфія і видавнича справа. — 2004. — № 4. 8. С. Гавенко. Технологія позошитного скріплення нитками книжкових блоків / С. Гавенко, І. Логазяк : Монографія. — Л. — 2012. — С. 168.

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

Надійшла до редакції 20.03.12