

УДК 686.1.019

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ КЛЕЙОВОГО ШАРУ НА ПЛОЩИНУ ДЕЛЬТОПОДІБНИХ ДІЛЯНОК КОРІНЦЕВОЇ ЧАСТИНИ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ

О. О. Палюх

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут,
вул. Янгеля, 1/37, Київ, 03056, Україна*

Завдяки проведеним дослідженням впливу зміни товщини клейового шару на зміну площини перерізів дельтоподібних ділянок корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, встановлено, що у процесі розкривання книги докладені зусилля, які впливають на деформацію Ш-подібної клейової пластини, залежать від місця перегинання пластини і призводять до незворотних руйнівних процесів. Доведено, що збільшення товщини клейового шару призводить до збільшення зусиль, спрямованих на подолання пружних властивостей полімерних пластин, отриманих після полімеризації нанесеного клею, і які докладаються з різною інтенсивністю, що залежить від геометричної неоднорідності перерізу Ш-подібної пластини. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що розташування точок докладання зусиль для розкривання книжкового блока і перегинання корінцевої клейової пластини супроводжує неоднорідність деформації півкруглих і дельтоподібних ділянок. Це дає змогу стверджувати, що отримані дані впливу та непропорційних відхилень зміни товщини клейового шару і площі перерізу дельтоподібних ділянок найбільш наочно спостерігаються в міжзошитовому просторі.

Ключові слова: *клеюва композиція, дельтоподібний переріз, профільний вал, точки докладання зусиль.*

Постановка проблеми. У переліку технологічних процесів виготовлення книжкової продукції одним із найбільш важливих є процес скріплення корінцевої частини. У разі незшивного клейового скріплення — це фрезерування фальців зошитів, підібраних у блок, каширування отриманої після фрезерування поверхні і нанесення полімерної клейової композиції. Для іншого випадку підібрані в книжковий блок зошити, зшиті нитками, обтискаються, на Ш-подібну корінцеву поверхню наноситься шар клею і приклеюється окантовувальна стрічка. Нанесення клею здійснюється переважно за один прохід, і товщина регулюється з огляду на з'єднувальні властивості нанесених клеїв. Ефективне поєднання фізико-хімічних властивостей сучасних полімерних композицій та паперу книжкових блоків забезпечують належне змочування та вбирання в процесі клейового скріплення корінцевої

частини. Шар клею заповнює пори і капіляри за поверхневої корінцевої структури блока та формує полімерну пластину, що утворюється після полімеризації нанесеної клейової композиції, розрахункова товщина якої забезпечує високотехнологічну розкриваність блока та тривалу експлуатаційну стійкість [1]. Товщина такої пластини коливається в широких межах, визначених форматами видання, кількістю зошитів і сторінок у зошитах, видами та масою паперу книжкового блока, а також видами швацьких стібків, перерізу ниток, сировини, із якої нитки виготовлені, а також їх міцністю на розрив та технологічним видовженням. Ресурс використання корінцевої композитної полімерної пластини та її експлуатаційна стійкість може змінюватися під час коливання товщини та, відповідно до цього, конструктивної геометрії Ш-подібного шару клею і залежить від них. Тривалі перегинання корінцевої частини книжкового блока під час читання формують постійні зміни зовнішніх геометричних параметрів клейової пластини. Через знакомінний характер докладених зусиль під час перегинань здійснюється прогнозований перехід від явищ пружної деформації і тимчасового збереження експлуатаційних властивостей пластини до явищ залишкової та в'язкої деформації і руйнування пластини [2]. Перелічені явища відбуваються впродовж життєвого циклу книжкового виробу, під час якого формуються критичні руйнування його складових. На відміну від ординарних плоских клейових пластин, що утворені незшивним клейовим способом, структура Ш-подібних пластин має змінну конфігурацію перерізу, яка складається з напівкруглих ділянок, дотичних до фальців зошитів і дельтоподібних ділянок міжзошитового простору. Тому дослідження та виявлення впливу зміни товщини клейового шару на зміну площини перерізів дельтоподібних ділянок корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Напрями розвитку сучасної книговидавничої справи в щільному конкурентному середовищі як поліграфічної галузі, так і електронних засобів збереження та відтворення інформації передбачають активний пошук і використання інноваційних, ресурсозберігаючих і ергономічних технологій виготовлення книжкової продукції [3].

Широке використання книжкових блоків, зшитих нитками, в процесі виготовлення підручників, художньої і довідкової літератури, книг з образотворчого мистецтва передбачають усунення негативних факторів, які впливають на тривалу експлуатацію книжкової продукції.

Скріплення корінцевої частини книжкових блоків за допомогою щільно нанесених стібків палітурних ниток і застосування полімерних клейових композицій із широким переліком властивостей забезпечують експлуатаційну тривалість та стійкість до пластичної деформації.

Практичні результати досліджень, наведені у праці [4], висвітлюють переваги клейових з'єднань, які забезпечують створення композитних структур із матеріалів із різними фізичними та геометричними показниками і не спричиняють суттєвих змін за поверхневої структури цих матеріалів.

Однак потрібно зазначити, що в цій праці висвітлено лише особливості технологічних операцій склеювання окремих матеріалів, попередню обробку їхніх

поверхонь та підготовку клею для утворення цільних композитних виробів, у яких немає рухомих елементів циклічної дії.

Отже, є підстави стверджувати, що не визначено особливості поверхневого склеювання конструктивних профільних деталей, таких як фальцьовані книжкові зошити, корінцева частина яких із попереднім натягом зшита палітурними нитками.

На думку авторів [5], перспективним напрямом досліджень є застосування клейових адгезивних сполучень для поліпшення механічної стійкості склеєних конструктивних елементів як складових композитних структур різних виробів, що в статичному стані використання забезпечують високу стійкість до впливу руйнівних чинників. Однак у цій праці, як і в попередній, немає досліджень склеєних рухомих елементів, які визначили б тривалість придатності склеєних виробів.

Систематизація результатів проведених досліджень [6] враховує етапи можливого скорочення витрат клею зі зміною показників міцності і достатності товщини клейових шарів, що наносять на корінцеву частину книжкових блоків циліндричним клейовим валом. Незважаючи на практичну значущість отриманих результатів, не розглянута і не досліджена можливість нанесення клею валом, геометрія якого наближена до профілю поверхні корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками.

Водночас експериментальне моделювання [7] інтенсивності руйнування корінців книжкових блоків, скріплених незшивним клейовим способом, дає змогу виявити фактори впливу, які відображають структуру, фізико-механічні властивості контактуючих матеріалів, а також дискретний характер зовнішніх руйнівних зусиль, наявність деформацій і зміни об'ємної геометрії корінця. Тому є підстави вважати, що причиною руйнування корінця книжкового блока є різниця в деформаціях клейового шару і паперу книжкових зошитів, фізико-механічні властивості клейових композицій, а також значення їхніх модулів пружності.

Однак, попри переваги таких припущень, висвітлені у зазначеній роботі, фактори досліджень корінців книжкових блоків, скріплених незшивним клейовим способом, не підтверджені достатньо практичними випробуваннями, а також немає порівняльних показників експлуатаційних властивостей корінців книжкових блоків, зшитих нитками. Це накладає певні обмеження на використання запропонованих у праці [7] рішень.

Опис таких обмежень може бути знайдено в праці [8], де на прикладі незшивного клейового скріплення засвідчено, що визначення залежності між періодом дії і напруженнями, які виникають при перегинаннях корінця блока, мають відповідати умовам проведення експериментів.

Потрібно зазначити, що використання в праці підходу до ідентифікації початкових чинників проведення досліджень ґрунтується на врахуванні експлуатаційних особливостей використання книжкової продукції, а також на розрахунковій товщині нанесення клейової композиції на корінці відібраних книжкових блоків, які перебувають у статичному стані до початку розкривання.

Явища напружено-деформованого стану фрагмента плоского корінцевого клейового шару з товщиною, визначеною структурною побудовою книжкового блока, розглянуті в праці [9]. Завдяки встановленій аналітичній залежності деформування

корінцевої клейової плівки досліджено вплив технологічних факторів на міцність незшивного клейового скріплення книжкових блоків. Однак запропоновані в цій праці результати для блоків із НКС не ототожнюються за схожими ознаками для книжкових блоків, зшитих нитками.

Додатково до публікації [9] проведені дослідження експлуатаційної деформації книжкових корінцевих клейових пластин у праці [10] сприяли визначенню характеру змін їхнього напружено-деформованого стану при розкриванні книги. Реакцію клейового шару на перегинання з відносним наближенням вважають пропорційною пружному прогину експериментальної ділянки.

Однак пошук оптимальних зусиль для перегинання досліджуваних клейових пластин [10] не виявив повністю кількісних показників зусиль, що формують природні кути розкривання книжкових блоків під час читання, тому пропонується проведення додаткових експериментів у цьому напрямі.

Використаний у праці [11] окремий підхід до модифікації клейових шарів корінцевої частини книжкових блоків, скріплених незшивним клейовим способом (НКС), забезпечив підвищення їхньої конструктивної та експлуатаційної міцності, а також можливість розкривання блоків на кути, наближені до 180° . Він передбачає приклеювання окантовувальної стрічки до зовнішньої клейової поверхні корінцевої частини, утвореної НКС.

Виявлено закономірності впливу фізико-механічних властивостей окантовувальних матеріалів на міцність клейового скріплення корінцевої частини книжкових блоків. Однак, попри переваги виявлених закономірностей, залишається відкритим питання впливу окантовувальних матеріалів на явища пружно-пластичної деформації клейових шарів різної товщини в тотожних блоках або в блоках, зшитих нитками.

Наведені в перелічених працях дослідження визначають особливості склеювання конструктивних складових із різних матеріалів, їхні фізико-механічні властивості, визначають процеси експлуатаційного руйнування клейових шарів у книжкових блоках, скріплених незшивним клейовим способом, а також вплив концентрації та модифікації клейових композицій на експлуатаційну міцність корінцевого з'єднання. Це дає змогу стверджувати, що проблеми руйнування корінцевих полімерних клейових пластин у книжкових блоках, зшитих нитками, можуть бути вирішені завдяки визначенню впливу товщини клейових шарів, що дискретно змінюються. Зміни відбуваються пропорційно, в напрямі збільшення, від початкової розрахункової товщини, на відміну від розмірної зміни площини дельтоподібних ділянок міжзошитового простору.

Тому є підстави вважати, що недостатня визначеність та незначна кількість підтверджених практичних результатів досліджень розподілу явищ пружно-деформованого стану корінцевих клейових пластин із неоднорідною площинною геометрією їхніх перерізів у блоках, зшитих нитками, зумовлюють необхідність проведення досліджень у цьому напрямі.

Мета статті — визначити вплив товщини клейового шару під час перегинань корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, на площину дельтоподібних

ділянок міжзошитового простору впродовж експлуатаційного терміну, до початку незворотних руйнівних процесів.

Об'єкти та методи дослідження. Для забезпечення умов дослідження, які полягають у створенні практичних можливостей нанесення Ш-подібних клейових шарів на корінцеву частину книжкових блоків, попередньо зшитих нитками, з дискретної розмірністю, застосована відома методика [12]. Для нанесення клейової композиції на корінцеву частину книжкового блока, зшитого нитками, використаний клейовий апарат Kolbus KM 600 книжкової лінії Kolbus BF-512 (Німеччина), в який вмонтований спроектований авторами [13] механізм профільного нанесення клею, який повторює рельєфну частину Ш-подібного корінця книжкового блока і регулює нанесення визначених дискретних шарів клею для проведення експериментальних розрахунків. Для них залучено книжкові блоки, зшиті нитками, з офсетного паперу UPM Fine (Фінляндія) масою 150 г/м^2 із 32-сторінковими зошитами, у яких товщина зошита становить 4,58 мм, а радіус заокруглення корінця, відповідно, — 2,29 мм. Вимірювання здійснювалися електронним вимірювачем товщини паперу Shahe модель 5332-10 (Китай) із точністю вимірювання 0–10 мм/0,01. Механізм регулювання подачі клею на корінцеву частину блоків і калібрування товщини нанесеного шару застосований для блоків, скомплектованих із 12 зошитів завтовшки 54,96 мм. Блоки такої товщини входять до стійкого діапазону технічних можливостей клейового апарата Kolbus KM 600. Згідно з умовами експерименту, розрахункові дискретні сталі величини нанесення клейових шарів регулює комп'ютерна система управління клейового апарата Kolbus KM 600. Із переліку клейових полімерних композицій, які широко застосовуються в палітурних процесах, дібраний термоклей ВМ 1078 як такий, що забезпечує надійну міцність з'єднання, фіксовану товщину після нанесення, швидкість закріплення та пластичність під час перегинань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення міцності та довговічності Ш-подібного клейового з'єднання корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, використовується відома методика Flex Test [14], яка полягає у здійсненні чисельних перегинань корінцевої частини книжкового блока, розкритого посередині. Використовується прилад фірми Zigloch, технологічні можливості якого дають змогу виконувати циклічні перегинання корінців блоків на кути $120\text{--}170^\circ$ без додаткового натягу для пришвидшення руйнації клейового з'єднання. Додатковий натяг у процесі експериментальних досліджень лише прискорює руйнацію корінцевої клейової полімерної пластини, і фактори фізико-механічної руйнації залишаються не до кінця дослідженими. З огляду на перелічені обставини, під час проведення випробувань сила натягу залишається сталою, тому експлуатаційна міцність клейового з'єднання вимірюється циклами приладу до повної руйнації клейового шару кожного досліджуваного зразка. Однак для корінцевих клейових пластин, утворених незшивним клейовим способом, у яких товщина є відносно сталою, результати випробувань на міцність, за методикою Flex Test, будуть відповідати довірчим показникам із розбіжністю експериментальної похибки. Водночас результати застосування такої методики для Ш-подібних клейових пластин будуть залежати від точки опори для проведення перегинань,

яка може розмішуватися в зоні півкруглої частини, дотичної до округлених фальців книжкових зошитів, або в зоні дельтоподібних ділянок міжзошитового простору. Для проведення експериментальних досліджень клейового з'єднання на паперорізальній машині відділяється частина блока (фрагмент), структура якого складається з корінців фальців зошитів, зшитих нитками, і окантовувальної клейової полімерної пластини, товщина якої під час проведення досліджень буде змінюватися від першого мінімального фіксованого положення до максимальної товщини, що утворюється під час технологічних операцій окантовування книжкових блоків підвищеної експлуатаційної інтенсивності користування.

На рис. 1 зображено процес формування фрагмента корінцевої частини книжкового блока, де від книжкового блока (1), сформованого з підібраних зошитів (3) однакової товщини й однакового виду паперу, однорідної маси та щільності, відділяється ножом (4) паперорізальної машини частина блока (5), що містить окантовувальну Ш-подібну клейову полімерну пластину (2) і паперову частину фальців підібраних і зшитих нитками зошитів, мінімальну і достатню за розмірами для застосування в пристрої для геометричних вимірювань або чисельних перегинань.

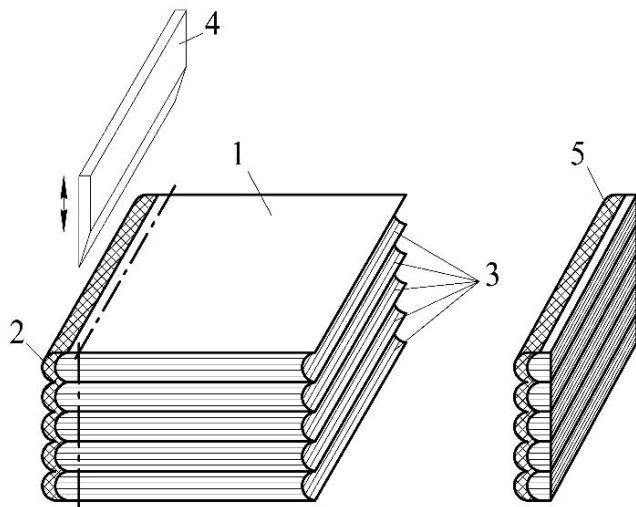


Рис. 1. Формування фрагмента корінцевої частини книжкового блока на паперорізальній машині:

- 1 — окантований книжковий блок, зшитий нитками; 2 — Ш-подібний шар клею;
 3 — зошити книжкового блока; 4 — ніж паперорізальної машини;
 5 — фрагмент корінцевої частини

Виокремлена корінцева частина книжкового блока, зшитого нитками (рис. 1), складається з Ш-подібного об'єму клейової полімерної композиції, з імплантованими з її увігнутого боку при поверхневому шарі стібками палітурних ниток, а з випуклого боку — з площинно-інтегрованою паперовою стрічкою. З достатньою для експериментальних досліджень вірогідністю можна припустити, що поєднання перелічених матеріалів в одній структурі утворюють композитне середовище з пружними власти-

востями, яке має неоднорідну анізотропну структуру. З огляду на незначну вагову й об'ємну концентрацію композитних матеріалів у вигляді ниток і паперу, порівняно з шаром клею, для зручності моделювання вважаємо композитну структуру корінцевої частини книжкового блока, зшитого нитками, ізотропним тілом. Відповідно, розподіл руйнівних напружень у клейовій полімерній пластині, як фізичному ізотропному тілі в процесі дискретних знакозмінних перегинань, під час перегортання сторінок книги, буде залежати насамперед від фізико-хімічних властивостей застосованих клейових композицій. Впродовж експлуатаційного терміну читання або сканування, під час розкривання книги, відбувається формування залишкової деформації ε в структурі клейової пластини, що після тривалих перегинань призводить до руйнації окантовувальної пластини і всього книжкового блока [13]:

$$\varepsilon = f(P, \tau) = \frac{dP}{d\tau}, \quad (1)$$

де P — зусилля, спрямовані на розкриття блока і дискретні перегинання клейової пластини; τ — час дії навантаження на корінцеву пластину.

Експлуатаційна стійкість та ресурс використання корінцевої композитної полімерної пластини може змінюватися під час коливання товщини та конструктивної геометричної конфігурації Ш-подібного шару клею і залежить від них [11].

На рис. 2 зображено графічні залежності між окремими геометричними елементами клейового шару у вигляді округлих ділянок, дотичних до півкруглих частин фальцьованих зошитів, та дельтоподібних ділянок міжзошитового простору.

На рис. 2 зображено перерізи корінцевої частини Ш-подібних клейових полімерних пластин, у яких товщина клейового шару від початкового t_1 (рис. 2, 1) змінюється на однакову дискретну величину Δ , де

$$t_2 = t_1 + \Delta; \quad (3)$$

$$t_3 = t_1 + \Delta + \Delta = t_1 + 2\Delta; \quad (4)$$

$$t_4 = t_1 + \Delta + \Delta + \Delta = t_1 + 3\Delta. \quad (5)$$

Моделювання перегинань клейової пластини товщиною t_1 передбачені в двох опорних точках. Перша — o_1 розташована посередині зовнішньої півкруглої частини пластини (фрагмент $e_1 f_1 d_1 b_1$ на рис. 2, 1), яка внутрішньою частиною контактує з фальцами книжкових зошитів. Друга — f_1 — розташована посередині зовнішньої частини дельтоподібної ділянки міжзошитового простору. Для пластин завтовшки t_2 , t_3 і t_4 це будуть точки o_2 , o_3 , o_4 і f_2 , f_3 , f_4 .

Окрім опорних точок, у площині яких будуть здійснені почергові експериментальні перегинання, на рис. 2, 1 додатково позначені опорні точки o_{1i} і o_{1j} , де здійснюється фіксація частини корінцевої пластини, яка за умовами експерименту залишається нерухомою. Фіксація в означених точках через конструктивні особливості Ш-подібної поверхні корінцевих фальців відбувається завдяки утримувальним зусиллям, позначеним як N_1 , N_{1i} , і N_{1j} . Розташування фіксуючих опорних точок для клейових шарів із дискретно збільшеною товщиною на показник Δ , у позиціях (рис. 2, 2; рис. 2, 3; рис. 2, 4) залишаються незмінними, з налаштованою просторовою орієнтацією, яка враховує зміни зовнішньої контурної частини клейових шарів після збільшеної зміни їхньої товщини.

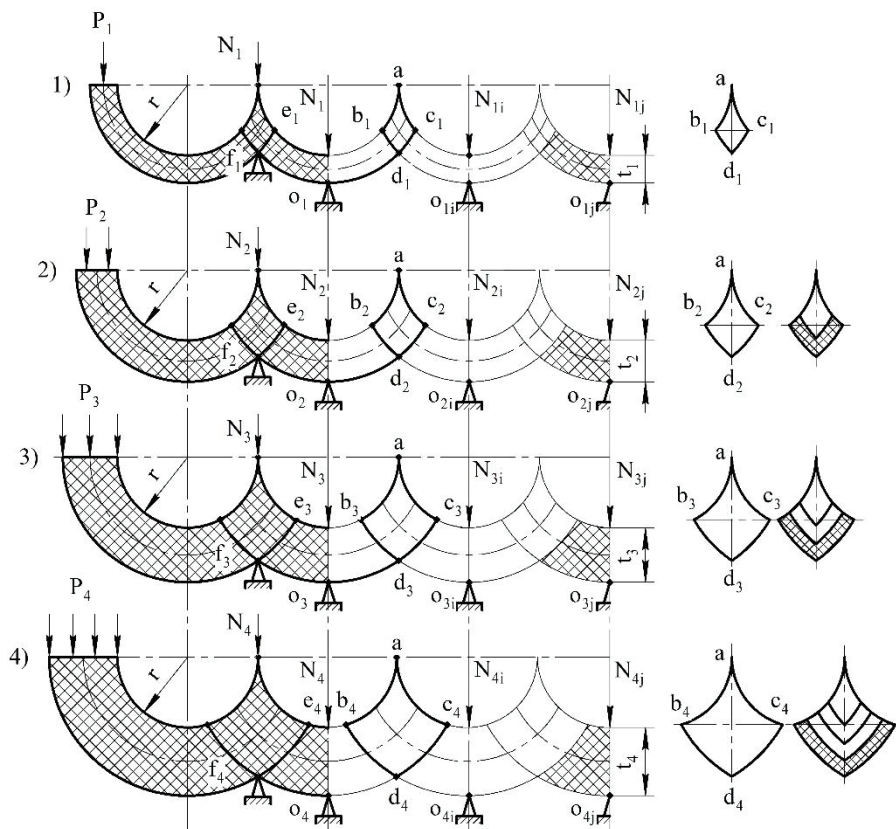


Рис. 2. Графічне відтворення залежності зміни площі дельтоподібних міжзошитових ділянок від зміни товщини клейового шару:

t_1, t_2, t_3, t_4 — дискретна товщина клейових шарів із пропорційним розмірним збільшенням; a, b, c, d, e, f (з індексами 1, 2, 3, 4) точки вершин дельтоподібних ділянок клейового шару і вершин фрагментів півкруглих клейових ділянок; r — радіус фальців книжкових зошитів

Для забезпечення процесу циклічного перегинання клейової пластини на рис. 2 позначено навантажувальні зусилля P_1, P_2, P_3 і P_4 , які зростають у міру збільшення товщини пластини, де

$$P_1 > (N_1 + N_{1i} + N_{1j}); \quad (6)$$

$$P_2 > (N_2 + N_{2i} + N_{2j}); \quad (7)$$

$$P_3 > (N_3 + N_{3i} + N_{3j}); \quad (8)$$

$$P_4 > (N_4 + N_{4i} + N_{4j}); \quad (9)$$

$$P_4 > P_3 > P_2 > P_1. \quad (10)$$

Тому для подолання пружних сил внутрішньої структури корінцевої Ш-подібної клейової пластини, за умови збільшення товщини клейового шару, необхідне докладання значно більших зусиль.

Для наочності виокремлені із графічної побудови Ш-подібної корінцевої клейової пластини (рис. 2) дельтоподібні ділянки позначені як $ab_1d_1c_1$, $ab_2d_2c_2$,

$ab_3d_3c_3$ і $ab_4d_4c_4$, на яких графічно зображено зростання їхньої контурної площини, залежне від зростання товщини клейового шару. Відтворена зміна пропорційності після дискретного збільшення товщини клейового шару. Потрібно зауважити, що зусилля, спрямовані на перегортання сторінок у межах одного зошита в книжковому блоці, відчутно менші, ніж зусилля докладені до перегортання зошитів у тому ж книжковому блоці через неоднорідність структурної геометрії перерізу клейової пластини. Для проведення розрахунків розмірного визначення такої неоднорідності докладених зусиль і можливих наслідків, що призводять до прискореного руйнування книжкових блоків, розглянемо дельтоподібну частину (збільшену) корінцевої клейової полімерної пластини (рис. 3).

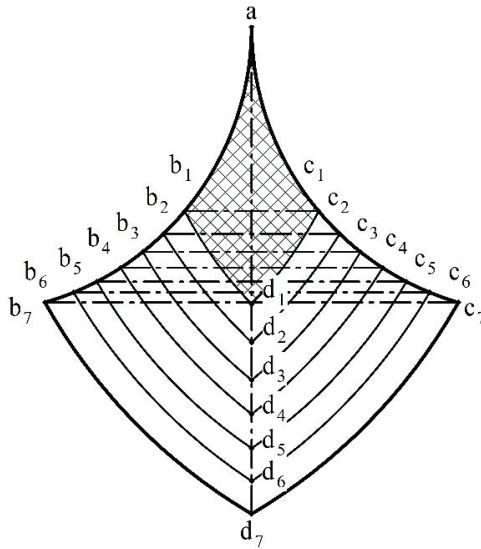


Рис. 3. Дельтоподібні дискретні ділянки клейового шару міжзошитового простору

На загальній площинній конфігурації дельтоподібної ділянки зображені тождні контури, отримані завдяки нанесенню на корінцеву частину книжкового блока дискретних клейових шарів, однакових за розмірними показниками. Ділянка $ab_1d_1c_1$ є початковою, виокремленою із Ш-подібної клейової пластини (рис. 2, 1). Наступні дельтоподібні ділянки $ab_2d_2c_2$, $ab_3d_3c_3$, $ab_4d_4c_4$ та ін. утворені після нанесення клейових шарів завтовшки $t_1 = d_1d_2$, $t_2 = d_2d_3$, $t_3 = d_3d_4 \dots t_6 = d_6d_7$ за умови, що

$$t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = \dots = t_6 = \text{constant.} \tag{11}$$

Для загального випадку площа дельтоподібних ділянок, з огляду на кривизну

контурних ліній, — $S \approx \frac{d_1 \cdot d_2}{2}$, де d_1 і d_2 — діагоналі дельтоподібних ділянок. Відповідно, площа першої початкової ділянки — $S_1 \approx \frac{b_1c_1 \cdot ad_1}{2}$, наступних — $S_2 \approx \frac{b_2c_2 \cdot ad_2}{2}$, $S_3 \approx \frac{b_3c_3 \cdot ad_3}{2}$, $S_4 \approx \frac{b_4c_4 \cdot ad_4}{2}$, $S_5 \approx \frac{b_5c_5 \cdot ad_5}{2}$, $S_6 \approx \frac{b_6c_6 \cdot ad_6}{2}$, $S_7 \approx \frac{b_7c_7 \cdot ad_7}{2}$ і далі

$S_i \approx \frac{b_i c_i \cdot ad_i}{2}$. На рис. 3 не складно помітити, що з пропорційним зростанням товщини клейового шару зростає площа перерізу дельтоподібних ділянок, тобто

$$S_1 < S_2 < S_3 < S_4 < S_5 < S_6 < S_7 < \dots < S_i. \quad (12)$$

Водночас відтворений числовий ряд профільних площин не містить пропорційних закономірностей розмірних відхилень. Тому для виявлення впливу зміни товщини клейового шару щодо збільшення або зменшення на зміну площини дельтоподібних ділянок міжзошитового простору для зручності проведення експериментальних замірів перерізи дельтоподібних ділянок збільшені. Після виконання замірів і необхідних обчислень показники розмірних змін товщини клейових шарів та площини перерізів дельтоподібних ділянок додано до таблиці. У таблиці наведено позначки: ТКШ — товщина клейового шару, ПДД — площа дельтоподібних ділянок. Їх величини, вказані в мм і мм², відповідають збільшеним показникам, отриманим на збільшених кресленнях перерізів Ш-подібних клейових шарів (рис. 2, 3).

ТКШ ПДД	Позиції дискретного нанесення клею і проведених вимірювань						
	1	2	3	4	5	6	7
t (мм)	7,8	10,8	13,8	16,8	19,8	22,8	25,8
S (мм ²)	29,64	44,00	59,78	79,92	103,84	128,00	160,08

Відповідно до отриманих показників, візуально відтворених на рис. 4, можемо спостерігати поступове зростання товщини клейового шару t , нанесеного профільним валом на корінцеву частину книжкового блока в позиціях вимірювання, а також суттєве зростання площини S перерізів дельтоподібних ділянок міжзошитового простору. Відповідно, збільшення товщини клейового шару від 1-ї позиції до 7-ї — в 3,3 раза, а збільшення площі перерізів дельтоподібних ділянок у тих же позиціях — в 5,4 раза.



Рис. 4. Гістограма зміни площини перерізів дельтоподібних ділянок міжзошитового простору в процесі зміни товщини клейового шару

Отже, є підстави стверджувати, що позиціонування зони перегинання клейової пластини в межах півкруглої частини кожного зошита (опорні точки o_1, o_2, o_3, o_4) і міжзошитовому просторі дельтоподібних ділянок (опорні точки f_1, f_2, f_3, f_4 — рис. 2) по-різному впливає на моменти сили, що виникають від докладених зусиль P_1, P_2, P_3, P_4 (рис. 2), які забезпечують умови розкривання книжкових блоків на кути, наближені до 180° . Завдяки цьому найбільші зусилля для перегинання клейової пластини будуть докладені на вершині дельтоподібних ділянок через додаткову товщину, порівняно з півкруглими ділянками, яка суттєво збільшується через зростання площини перерізів цих ділянок. А якщо врахувати, що у виробничих процесах окантовування книжкових блоків клейові композиції наносяться на корінцеву частину, зшити нитками, не профільними, а циліндричними валами, то зусилля, що мають бути докладені під час розкривання книжок у міжзошитовому просторі, додатково зростають.

Висновки. На прикладі проведених досліджень перерізів корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, визначено особливості побудови Ш-подібних клейових полімерних пластин, конструктивна геометрія яких складається з півкруглих ділянок, дотичних до фальців зошитів, і дельтоподібних ділянок міжзошитового простору.

Запропоновано методику виявлення впливу товщини клейового шару на площину дельтоподібних ділянок корінцевої частини книжкових блоків, яка полягає у профільному нанесенні клейових композицій на корінцеву частину книжкового блока, що дає змогу отримувати контурний профіль перерізу клейової пластини і досліджувати зусилля, спрямовані на розкриття книжкових блоків у визначених опорних точках пластини.

Водночас визначено, що перегинання клейової пластини супроводжує неоднорідність деформації півкруглих і дельтоподібних ділянок. Завдяки цьому можна стверджувати, що отримані дані впливу зміни товщини клейового шару і площі перерізу дельтоподібних ділянок та їх непропорційних відхилень найбільш наочно спостерігаються в міжзошитовому просторі. Збільшення товщини клейового шару в 3,3 раза в крайній позиції експериментального вимірювання, порівняно з початковою, призводить до збільшення площі перерізу дельтоподібних ділянок у 5,4 раза.

З огляду на те, що для скріплення корінцевої частини книжкових блоків, зшитих нитками, використовуються як полівінілацетатні дисперсії, так і широкий асортимент термоклеїв, можливою метою подальших досліджень є визначення впливу фізико-хімічних властивостей клеїв на вибір їхньої оптимальної товщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Clark T. Bookbinding with adhesives. England : cGRAW-HILL Book Company Europe, 2007. P. 53.
2. Jerman P. Reflections on Book Structure-Part 3-Spine Control. URL: <http://temperproductions.com/Bookbinding%20Howto/Reflections/Reflections%203%20%20Spine%20Control.pdf> (21.3.2015).

3. Рудавская А. Технология склеивания. Обработка поверхности в технологии склеивания. 2019. С. 7–46. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817010-6.00002-3>.
4. Арнетт Джон Эндрюс. Bibliopedia или Искусство переплетного дела во всех его ветвях. 2019. <https://doi.org/10.4324/9780429030420-1>.
5. Куан-Ненг Чен. Склеивание полимеров. Энциклопедия упаковочных материалов, процессы и механика. 2019. https://doi.org/10.1142/9789811209680_0001.
6. Wilson-Higgins Suzanne. Trends in book manufacturing on-demand. The Impact of Print-On-Demand on Academic Books. 2018. Pp. 119–132.
7. Liebau D., Heinze I. Industrielle Buhbinderei. Itzehoe, 2007.
8. Гавенко С. Ф. Кинетика пошкодження і руйнування клейових з'єднань при експлуатації. Поліграфія і видавнича справа. 2012. № 3. С. 91–96.
9. Influence of Structure and Physical-Mechanical Characteristics of Threads on the Strength of Binding the Books / Kibirskstis E., Havenko S., Gegeckien L., Khadzhyanova S., Kadyliak M. Mechanics. 2019. № 25 (4). Pp. 313–319. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.25.4.22774>.
10. Petriaszwilli G., Merwiński R., Gawel J. Wpływ parametrów obróbki grzbietów wkładów na jakość łączenia klejowego. Świat druku. 2003. № 11. P. 21–23.
11. Petriaszwilli G., Pyrjev J. Analysis of a Model of the Adhesive Layer between Two Sheets of Paper. Journal of Vibroengineering. September 2008. Vol. 10. Pp. 282–284.
12. Кулік Л. Й. Шляхи підвищення якості книг НКС. Квалілогія книги. Львів : НВП Мета, 2000. Вип. 3. С. 150–152.
13. Kurychok P., Paliukh O. Simulation of Deformation of the Adhesive Layer of the Spine of the Book Back of the Thread-Stitched Book Block. Mechanics. 2020. № 26 (2). Pp. 114–119. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.2.25854>.
14. Палюх О. О. Експериментальне визначення впливу палітурних клеїв на утворення природних кутів розкривання книжкових блоків. Технологія і техніка друкарства. 2018. № 1. С. 37–47.

REFERENCES

1. Clark, T. (2007). Bookbinding with adhesives. England : cGRAW-HILL Book Company Europe (in English).
2. Jerman, P. Reflections on Book Structure-Part 3-Spine Control. Retrieved from <http://temperproductions.com/Bookbinding%20Howto/Reflections/Reflections%203%20%20Spine%20Control.pdf> (21.3.2015) (in English).
3. Rudavskaja, A. (2019). Tehnologija skleivanija. Obrabotka poverhnosti v tehnologii skleivanija, 7–46. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817010-6.00002-3> (in Russian).
4. Arnett, Dzhon Jendrijus. (2019). Bibliopedia ili Iskusstvo perepletnogo dela vo vseh ego vetvjah. <https://doi.org/10.4324/9780429030420-1> (in Russian).
5. Kuan-Neng, Chen. (2019). Skleivanie polimerov: Jenciklopedija upakovocnyh materialov, processy i mehanika. https://doi.org/10.1142/9789811209680_0001 (in Russian).
6. Wilson-Higgins, Suzanne. (2018). Trends in book manufacturing on-demand. The Impact of Print-On-Demand on Academic Books, 119–132 (in English).
7. Liebau, D., & Heinze, I. (2007). Industrielle Buhbinderei. Itzehoe (in German).

8. Havenko, S. F. (2012). Kynetyka poshkodzhennia i ruinuvannia kleiovykh z'iednan pry ekspluatatsii: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 3, 91–96 (in Ukrainian).
9. Kibirskis, E., Havenko, S., Gegeckien, L., Khadzhyanova, S., & Kadyliak, M. (2019). Influence of Structure and Physical-Mechanical Characteristics of Threads on the Strength of Binding the Books: Mechanics, 25 (4), 313–319. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.25.4.22774> (in English).
10. Petriaszwili, G., Merwiński, R., & Gawel, J. (2003). Wpływ parametrów obróbki grzbietów wkładów na jakość łączenia klejowego: Świat druku, 11, 21–23, (in Polish).
11. Petriaszwili, G., & Pyrjev, J. (September 2008). Analysis of a Model of the Adhesive Layer between Two Sheets of Paper: Journal of Vibroengineering, 10, 282–284 (in English).
12. Kulik, L. Y. (2000). Shliakhy pidvyshchennia yakosti knyh NKS. Kvalilohiia knyhy. Lviv : NVP Meta, 3, 150–152 (in Ukrainian).
13. Kyrychok, P., & Paliukh, O. (2020). Simulation of Deformation of the Adhesive Layer of the Spine of the Book Back of the Thread-Stitched Book Block: Mechanics, 26 (2), 114–119. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.2.25854> (in English).
14. Paliukh, O. O. (2018). Eksperymentalne vyznachennia vplyvu paliturnykh kleiv na utvorennia pryrodnykh kutiv rozkryvannia knyzhkovykh blokiv: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 1, 37–47 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2020-1-79-89-102

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ADHESIVE LAYER THICKNESS ON THE PLANE OF DELTOID PARTS OF THE ROOT PART OF BOOK BLOCKS

O. O. Paliukh

*National Technical University of Ukraine
«Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»
Publishing and Printing Institute,
1/37, Yangel St., Kyiv, 03056, Ukraine
alekspalyuh@gmail.com*

Studies of the effect of changes in the thickness of the adhesive layer on the change in the cross-sectional area of the deltoid sections of the root part of the book blocks, sewn with threads, have found that in the process of opening the book, efforts are made leading to destructive processes, with a gap in the duration of use of the book. It has been proved that the increase in the thickness of the adhesive layer leads to an increase in efforts to overcome the elastic properties of polymer plates obtained after polymerization of the applied adhesive, and which are applied with different intensity depending on the geometric inhomogeneity of the W-shaped plate. The surface tension of the concave part of the adhesive layer tangent to the folds of the notebooks increases, which leads to a decrease in the relative elongation. When performing technological calculations of

the thickness of the adhesive layer, and, accordingly, the cost of glue for edging book blocks sewn with threads, it is advisable to take into account the necessary and sufficient conditions to ensure the strength and operational stability of the adhesive plate. With prolonged bending, the thickness of the adhesive plate directly affects the ability to minimize the effort applied to open the blocks. Therefore, the profile application of glue to the root of the book block, sewn with threads prevents the alignment of the outer part of the adhesive layer in the plane, which leads to overuse of glue and increase the bending force of the root of the block during reading or scanning information. Actuators of profile application of glue can be used to replace the mechanisms of modern book lines, which form a consumable adhesive geometry. Experimental studies have confirmed that the location of the points of application of forces to open the book block and bend the root adhesive plate, are accompanied by heterogeneity of deformation of semicircular and deltoid areas. This suggests that the obtained data on the impact and disproportionate deviations of changes in the thickness of the adhesive layer and the cross-sectional area of the deltoid areas, in the most obvious form, are observed in the area between the notebook space.

Keywords: *adhesive composition, deltoid section, profile shaft, points of effort application.*

Стаття надійшла до редакції 12.05.2020.

Received 12.05.2020.