

УДК 686.1.027

DOI: 10.20535/2077-7264.4(82).2023.300131

© **О. О. Палюх**, д-р техн. наук, проф., **В. О. Воробей**, асп.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ВАРІАНТІВ ПРОСТОРОВОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ ОБКЛАДИНОК ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ ЕРГОНОМІЧНОСТІ

Об'єктом дослідження є процеси розробки та аналізу конструктивних варіантів просторової конфігурації обкладинок з метою оптимізації їх ергономічності при використанні. Аналітичні дослідження спрямовано на вивчення взаємозв'язку між формою, розміром, матеріалами та іншими конструктивними елементами обкладинок із їх ергономічними характеристиками.

Ключові слова: розробка обкладинок; просторова конфігурація; ергономічність; конструктивні варіанти; аналітичні дослідження.

Вступ

Традиційні стандартні оправы для книг, відомі своєю показністю, міцністю та довговічністю, відповідають потребам видавців та читачів, але їх виробництво вимагає значної кількості технологічних операцій та матеріалів. Ця ситуація стимулює індустрію до інновацій, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів зі збереженням високого стандарту якості [1].

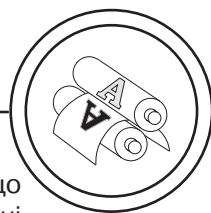
У цьому контексті інтегральні обкладинки стають втіленням ефективного балансу між естетикою традиційних палітурок та простотою виробництва інтегральних обкладинок, вносячи інноваційні елементи в стандартні практики видавництва.

Автоматизація процесу виготовлення інтегральних обклади-

нок збільшує продуктивність до 10000 одиниць на годину, що значно перевищує можливості традиційних методів. Це сприяє не лише зниженню виробничих витрат, але й підвищенню доступності книжкової продукції. Інтегральні обкладинки, використовуючи легкі картонні матеріали, знижують загальну вагу книги, що робить її зручнішою для читачів.

Внаслідок використання одношарового картону хром-ерзац, такий тип обкладинки об'єднує в собі довговічність традиційних оправ з економічністю інтегральних обкладинок, забезпечуючи при цьому привабливий зовнішній вид. Це розширює можливості для видавців у реалізації різноманітних проектів, підтримуючи високу якість за доступною ціною.

© Автор(и) 2023. Видавець КПІ ім. Ігоря Сікорського.
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Врешті-решт, інтегральні обкладинки сприяють еволюції видавничої галузі, впроваджуючи новітні технології, які задовольняють сучасні потреби ринку та споживачів, тим самим відкриваючи нові перспективи для розвитку та популяризації читання.

Постановка проблеми

Розробка обкладинок книг із врахуванням ергономічності є складним завданням, яке вимагає встановлення взаємозв'язку між конструктивними елементами обкладинок та їх впливом на користувача під час використання. Пріоритетним завданням є ідентифікація та аналіз конструктивних варіантів просторової конфігурації обкладинок, які можуть забезпечити максимальний комфорт та зручність без втрати у функціональності та дизайну.

Основні аспекти дослідження включають вивчення впливу форми, розміру, ваги та матеріалу обкладинок на ергономічні показники, такі як втома рук при тривалому триманні, доступність та зручність використання різними групами користувачів.

Значна увага приділяється також розробці методики оцінки

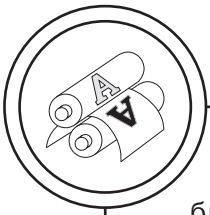
ергономічності обкладинок, що включає як кількісні, так і якісні показники, з використанням сучасних технік моделювання та прототипування. Важливим є аналіз потенційних компромісів між ергономічністю та іншими суттєвими характеристиками обкладинок, такими як міцність, довговічність та вартість виробництва.

Крім того, слід враховувати вплив дизайнерських аспектів, які сприяють не тільки функціональності, але й естетичному сприйняттю продукту. Ефективне поєднання кольорових схем, текстур і візуальних елементів значно підвищує естетичну привабливість книжкових виробів, роблячи їх не тільки практичними, але й візуально привабливими для споживача (рис. 1).

Особлива увага приділяється розробці моделей з використанням сучасних матеріалів, які забезпечують міцність і довговічність продукту, не жертвуючи при цьому легкістю та гнучкістю. Водночас активне дослідження та впровадження інноваційних екологічно чистих матеріалів дозволяє відповідати вимогам сталого розвитку, що є важливим критерієм для сучасного споживача.



Рис. 1. Поєднання кольорових схем, текстур і візуальних елементів в оздобленні книжкових оправах



Таким чином, постановка проблеми дослідження передбачає визначення та аналіз ключових чинників, що впливають на ергономічність обкладинок, розробку та оцінку нових конструктивних рішень, а також впровадження комплексного підходу до оцінки ергономічних характеристик, що дозволить створити оптимальні умови для комфортного та зручного використання книг.

Аналіз попередніх досліджень

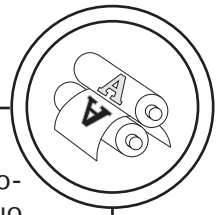
Новаторські конструкції обкладинок, описані в роботі [2], виходять за рамки традиційного розуміння естетики, пропонуючи рішення, які оптимізують користувацький досвід внаслідок вдосконалення функціональності. Поєднання функціональності та естетики підкреслює, що ергономіка є важливим елементом у процесі дизайну обкладинок, забезпечуючи не лише комфорт та зручність для користувача, а й візуальну привабливість й традиційний вид книги. Це означає, що далі потрібно зосередити зусилля на інтеграції інтелектуальних технологій, таких як сенсорні панелі та електронний папір, які дозволять користувачам взаємодіяти з обкладинками новими способами, що не було досліджено в рамках попередніх робіт.

Висновки дослідження представлено в роботі [3] підкреслюють необхідність зосередження зусиль на поліпшенні ергономічних аспектів у поліграфічній галузі. Вони також вказують на важливість продовження досліджень і розробки ергономічних нормативів. Це включає партнерство з різними секторами для вза-

ємного обміну передовим досвідом та експертизою в антропометричних потребах різноманітних груп користувачів. Особлива увага має бути приділена розробці та інтеграції адаптивних інтерфейсів та матеріалів, які можуть змінювати свої властивості залежно від індивідуальних фізичних характеристик та переваг користувача, що не було повною мірою реалізовано в рамках наявних досліджень.

Проектування продуктів з еластичними властивостями [4], особливо з використанням технології FFF (виготовлення плавленими нитками) та матеріалів TPU (термопластичних поліуретанів), розширює додаткові можливості для інженерів-конструкторів у створенні виробів різноманітних за формою та еластичністю. Дослідження структури та товщини таких продуктів показали можливість регулювання їхньої еластичності, створюючи варіанти з різним ступенем пружності. Надалі доцільно було б зосередитись на розробці інтелектуальних алгоритмів для автоматизації вибору оптимальної структури та товщини матеріалу з урахуванням конкретних ергономічних потреб користувача, що не було повною мірою реалізовано в попередніх дослідженнях.

Аддитивне виробництво [5] сприяє створенню виробів, які не тільки персоналізовані, але й ергономічно оптимізовані, завдяки гнучкості у дизайні та ефективності прототипування. За результатами розгляду серії наукових робіт ідентифіковано найбільш ефективні технології та матеріали, що використовуються в аддитивному виробництві для досягнен-



ня оптимальних ергономічних характеристик виробів. Для подальшого розвитку в цьому напрямі важливо провести комплексні дослідження взаємодії між експериментальною вибіркою новітніх матеріалів в адитивному виробництві та їх ергономічними властивостями у контексті індивідуального користування книжково-журнальними обкладинками.

Алгоритмічний дизайн [6] використовує обчислювальні можливості для розробки оригінальних дизайнерських рішень, спрямованих на автоматизацію процесу проектування продуктів з урахуванням індивідуальних ергономічних потреб користувачів. Згідно з дослідженням, проведеним у рамках проекту PRIME-VR2 (Public Real-time Immersive Multi-user Environments using Virtual Reality 2), що є ініціативою, спрямованою на розвиток і застосування віртуальної реальності (VR) для створення публічних, реалістичних, багатокористувацьких інтерактивних середовищ, алгоритмічні методи використовують дані сканування користувачів для створення продуктів, які зручно підходять кожному індивіду. Але, крім того, необхідно розробити та інтегрувати інтерактивні інструменти для збору відгуків від користувачів в реальному часі, щоб забезпечити безперервне оновлення даних для алгоритмів і підвищити точність та релевантність ергономічних рішень у дизайні обкладинок.

Дослідження [7] підкреслює важливість інтеграції ергономічних аспектів у процеси виробництва за допомогою методології ErgoVSM (Ergonomic Value Stream

Mapping — ергономічне відображення потоку цінностей), що дозволяє виявляти та мінімізувати ергономічні ризики без зниження продуктивності. Це відкриває можливості для застосування таких підходів у проектуванні ергономічних книжково-журнальних обкладинок, забезпечуючи зручність та комфорт користувача. Для подальшого удосконалення проектування книжково-журнальних інтегральних обкладинок необхідно врахувати використання біоміметичних матеріалів та технологій, що могли б сприяти розробці нових ергономічних рішень, які не були повною мірою розглянуті в попередньому дослідженні.

Дослідження [8] демонструє, як інтеграція принципів ергономіки та концепції організаційного управління «lean production» (LP) сприяє розробці безпечних, ефективних та розумних методів роботи для створення ергономічних книжково-журнальних обкладинок. Необхідно також включити дослідження впливу віртуальної та доповненої реальності на процес проектування, щоб забезпечити інноваційні підходи візуалізації та тестування ергономічних характеристик обкладинок до їх виготовлення як матеріального об'єкта.

Ергономіка [9] займає провідне місце у формуванні дизайну сучасних промислових виробів, у тому числі книжково-журнальних обкладинок, акцентуючи на екологічності завершального виробу. Інтеграція ергономічних принципів у процеси дизайну забезпечує створення продуктів, що значно знижують фізичне навантаження на користувачів і



покращують загальний комфорт під час їх експлуатації. Також важливо розглянути включення адаптивних елементів та інтерактивних функцій, що реагують на зміни умов використання або налаштування користувача, що не було повною мірою враховано у попередніх дослідженнях.

Зі стрімким розвитком та інтеграцією комп'ютерних, сенсорних та візуалізаційних технологій, практичність використання передових інструментів проектування виробів знаходить своє обґрунтування, яке демонструється у дослідженні [10]. Застосуванню цифрового моделювання дозволяє залучати системи автоматизованого проектування (CAD) чи віртуальних середовищ (VE), спрямовані на ергономічні аспекти.

Втілення цифрового моделювання людини (DHM) через використання як фізичних, так і цифрових прототипів, сприяє тестуванню різноманітних варіантів на початкових етапах концептуалізації ідей, проведення експериментів або досліджень для вивчення нових можливостей ергономічних дизайнерських рішень. На основі викладеної інформації, доцільно було б розробити та провести спеціалізовані дослідження щодо користувацької взаємодії та впливу ергономічних інтегральних обкладинок на зручність та ефективність їх використання.

Традиційні підходи [11] до дослідження дизайну продукту часто зосереджуються на окремих аспектах, таких як естетика чи ергономіка, ігноруючи комплексний аналіз обмежень. За допомогою теорії обчислювальної естетики встановлено кількісні

естетичні показники, а ергономічні оцінки базуються на порівнянні стандартних та фактичних значень дизайнерських параметрів. Однак, попри експериментальну доведеність ефективності втілення багатфакторного дизайну виробів відсутні дослідження спрямовані на визначення періоду їх зношування.

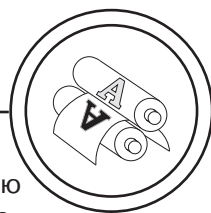
Отже, недостатня визначеність у дослідженнях, які орієнтовані на проектування ергономічних книжково-журнальних обкладинок та виявлення впливу застосування інноваційних матеріалів та технологій на ергономічні аспекти, функціональність та довговічність продукції, обумовлюють потребу в подальших розгорнутих дослідженнях у цій області.

Доцільно також розширити обсяг впровадження інноваційних інтерфейсів для забезпечення високої адаптивності книжкових виробів до індивідуальних потреб користувачів.

Мета роботи

Розробка та аналіз конструктивних варіантів просторової конфігурації інтегральних обкладинок для оптимізації їх ергономічності в процесі використання. Основною задачею є визначення таких конструктивних елементів і параметрів, які забезпечують максимальний комфорт користувача та зручність у триманні, враховуючи різноманітність умов використання обкладинок. Для досягнення цієї мети дослідження передбачає виконання наступних завдань:

— аналіз впливу різних просторових конфігурацій інтегральних обкладинок на ергономічні показники, такі як втомлюваність



рук, зручність тримання та доступність функціональних елементів;

— розробити методологію оцінки ергономічності обкладинок, що включатиме як кількісні, так і якісні показники, з використанням інструментів моделювання та прототипування;

— дослідити вплив матеріалів, ваги, розміру та інших фізичних характеристик обкладинок на ергономічність та визначити оптимальні комбінації для різних цільових груп користувачів;

— розробити рекомендації для виробництва інтегральних обкладинок, які оптимізують їх ергономічні властивості, забезпечуючи при цьому високу міцність, довговічність та естетичну привабливість продукту.

Результати проведених досліджень

Розвиток технологій виготовлення книжково-журнальних оправ та забезпечення їх якості є динамічним і постійно оновлювальним процесом, який охоплює різноманітні аспекти, включаючи дизайн, матеріали, друкарські технології та обробку.

Перш за все, спостерігається значний інтерес на екологічні матеріали та екологічну стійкість процесів виробництва, що спонукає виробників шукати варіанти виготовлення книжково-журнальної продукції зі зменшеним впливом на навколишнє середовище. Це включає розробку нових видів екологічно чистих матеріалів для оправ, таких як біорозкладні полімери та перероблені паперові матеріали, а також технології, що знижують енергоспоживання та відходи під час виробництва.

Іншою помітною тенденцією є застосування цифрових технологій та автоматизації, що дозволяє підвищити точність виробництва оправ, скоротити час на виготовлення та забезпечити високу репродуктивність дизайнерів. Цифровий друк, лазерне гравіювання та роботизовані виробничі лінії стають все більш поширеними у цій сфері.

Також важливим напрямом є інновації у матеріалах для оправ, включаючи використання нових композитних матеріалів, які поєднують в собі легкість, міцність та естетичні якості. Розробляються нові види покриттів для оправ, які не тільки покращують зовнішній вид, але й забезпечують додатковий захист від механічних пошкоджень, вологи та ультрафіолетового випромінювання.

Технології 3D-друку дозволяють створювати унікальні, складні дизайни книжкових оправ з високим рівнем деталізації, що було б важко або неможливо досягти традиційними методами (рис. 2).

Впровадження електронних компонентів, таких як світлодіоди (рис. 3), чіпи NFC (Near Field Communication) в створення «розумних» книг, що дозволяють взаємодію між книгою та смартфонами або іншими пристроями, відкриває нові можливості для інтерактивності та додаткового контенту.

Вдосконалення технічних засобів персоналізації книжкової продукції (рис. 4) дозволяє замовникам вносити особистісні зміни до дизайну обкладинок, включаючи імена, повідомлення,

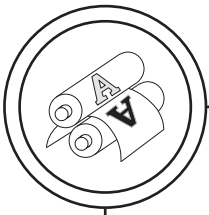


Рис. 2. Зразки подарункової книжкової продукції з високим рівнем деталізації оздоблювальних компонентів палітурок

фотографії тощо, що робить книгу індивідуально спрямованим подарунком або сувеніром.

Поєднання традиційних методів, таких як тиснення золотом або сріблом, з сучасними гібридними техніками, технологіями друку та обробки, створює обкладинки, що поєднують класичний вид з сучасними елементами.

Ці тенденції вказують на те, що галузь продовжує невпинно впроваджувати інновації та адаптуватися до нових технологій та вимог споживачів, щоб створювати книжкові обкладинки, які не тільки привабливі та функціональні, але й стійкі до екологічних чинників та чинників, що спричиняють зношування в процесі використання.

Для визначення основних тенденцій розвитку у сфері технологій виготовлення книжкових оправок та забезпечення їх якості виконано патентний пошук глибиною 15 років за період 2008–2024 рр. У табл. 1 представлено регламенти патентного пошуку.

В результаті патентного пошуку виявлено більше 365 патентів, що свідчить про високу активність інновацій у сфері технологій виготовлення книжкових оправок та забезпечення їх якості. Аналіз цих даних дозволив виявити ключові тенденції, які визначають напрями розвитку галузі.

На графіку кумулятивної кривої загальної кількості видачі патентів за роками, представлено на рис. 5, можна спостерігати

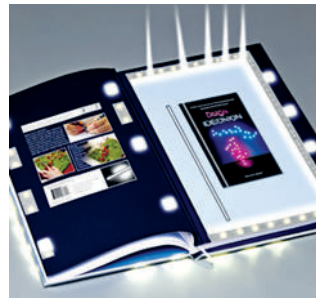


Рис. 3. Зразки розгорнутих книг із світлодіодним освітленням сторінок

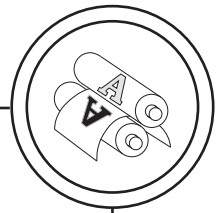


Рис. 4. Зразки подарункової книжкової продукції із виокремленими на палітурках зонами для персоналізації

ти поступове зростання кількості патентів, що вказує на стабільний розвиток інновацій у даній області. Особливо інтенсивне зростання спостерігається в останнє десятиліття, що корелює із загальним трендом на цифровізацію виробництва та зростаючу увагу до екологічної стійкості у виробничих процесах.

Аналізуючи графік кумулятивної кривої видачі патентів (рис. 5), можна помітити, що стабільне зростання кількості патентувань

протягом 15 років свідчить про постійний інтерес до інновацій у сфері технологій виготовлення книжкових оправ.

До того ж у період з 2018 р. по 2021 р. спостерігається значне збільшення кількості патентів, що може бути пов'язано з інноваціями у технологічних розробках або зростанням попиту на новітні рішення в цій галузі.

У 2022–2023 рр. зафіксовано невелике зниження активності патентування, що може свідчити

Таблиця 1

Регламенти патентного пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку	Країни	Класифікаційні індекси	Ретроспективність	Джерела інформації
1. Технології виготовлення книжкових оправ 2. Технології забезпечення якості книжкових оправ 3. Обладнання для виготовлення книжкових оправ та забезпечення їх якості 4. Програмне забезпечення 5. Апаратне забезпечення 6. Методи контролю	Визначення тенденцій розвитку технологій виготовлення книжкових оправ та забезпечення їх якості	США, Китай, Японія, Корея, Європа, Україна	B42D3/10, B42D9/00, G07F17/00, B42C19/02, B21D11/10, B26D7/22, B42C9/00, B42D3/18, B26D5/12, B42C11/04	2009–2024 (15 років)	Інтернет ресурси: ep.espacenet.com, Google Patents (patents.google.com)

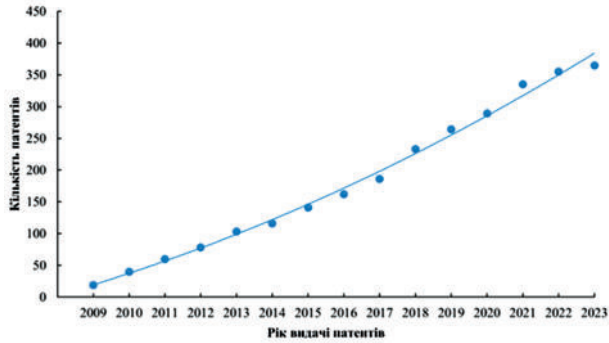
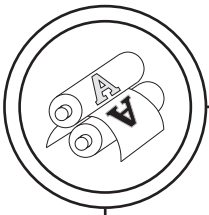


Рис. 5. Кумулятивна крива видачі патентів

про період консолідації індустрії та інтеграції нових технологій у виробничі процеси.

На рис. 6 представлено діаграму розподілу виданих патентів по країнах. Такі країни, як КНР та Японія демонструють високий рівень інноваційної активності, що підтверджує їхні лідерські позиції в галузі високих технологій, зокрема у виробництві книжкових оправ.

Цікаво, що попри домінування цих двох країн, інші країни також активно роблять свій внесок у розвиток галузі, що свідчить про глобальний інтерес до підвищення ефективності та якості виробництва книжкових оправ. Така широка географія інновацій може спри-

яти виникненню транснаціонального партнерства, спрямованого на обмін знаннями та технологіями.

Окрім того, зниження кількості патентів у останні два роки може вказувати на можливість для нових корпорацій увійти на ринок з інноваційними рішеннями, а також для теперішніх компаній — розглянути можливості для диверсифікації своїх продуктів і послуг. Також це може бути стимулом для науково-дослідних інститутів зосередити свої зусилля на високотехнологічних розробках, які могли б задовольнити незадоволені потреби ринку та відновити зростання інноваційної активності у цій сфері.

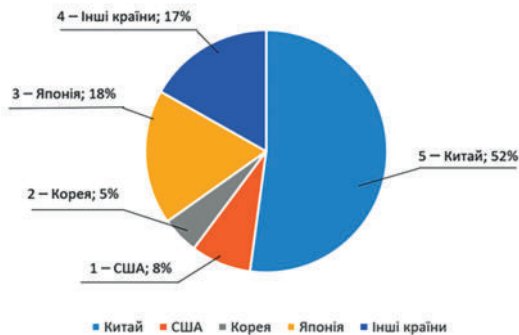
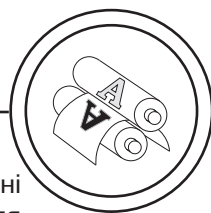


Рис. 6. Діаграма розподілу виданих патентів



Таким чином, дослідження патентних трендів не лише підтверджує актуальність обраної теми, але й відкриває нові перспективи для подальших інновацій та досліджень у сфері технологій виготовлення книжкових оправ.

На рис. 7 наведено розподіл виданих патентів по предмету пошуку.

Аналіз діаграми на рис. 7 дозволяє визначити напрями інноваційної активності у сфері книжкової продукції. Зокрема, виділяються два основні сектори: технології виготовлення книжкових оправ і технології забезпечення якості книжкових оправ.

Це свідчить про інтенсивний розвиток методів та матеріалів, спрямованих на підвищення довговічності та естетичної привабливості книжкових оправ, а також про впровадження стандартів якості, що гарантують відповідність продукції сучасним вимогам споживачів.

На противагу цим двом активним напрямом, сектор апаратного забезпечення та обладнання для виготовлення книжкових оправ демонструє меншу кількість патентів. Це може свідчити про те, що основні технологічні рішення

в цій області вже розроблені раніше, або ж, що потенціал для інновацій у цьому напрямі ще не повністю реалізований.

З огляду на вищезазначені дані, можна зробити висновок, що галузь виготовлення та забезпечення якості книжкових оправ є жвавою та інноваційною, з великим потенціалом для подальшого розвитку. Ці області пропонують широкі можливості для досліджень і впровадження нових ідей.

Також важливо зазначити, що збільшення кількості патентів у сферах виготовлення та забезпечення якості книжкових оправ може вказувати на високі вимоги споживачів до якості та індивідуалізації продукції. Це, своєю чергою, стимулює виробників шукати нові технологічні рішення, щоб задовольнити ці потреби.

В контексті апаратного забезпечення та обладнання, хоча ця область наразі демонструє меншу кількість патентів, вона все одно залишається важливою для подальшого технологічного розвитку галузі. Інновації у цьому напрямі можуть включати розробку більш ефективних та економічно вигідних машин і обладнання, що

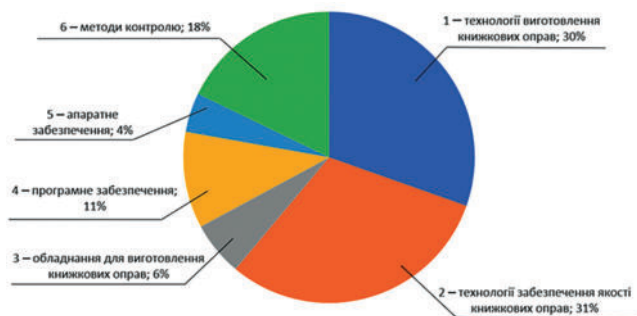
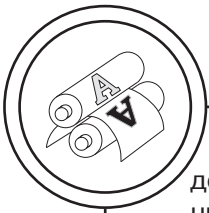


Рис. 7. Розподіл виданих патентів по предмету пошуку



дозволить оптимізувати виробничі процеси та знизити витрати.

Також, для встановлення тенденцій розвитку у сфері технології виготовлення книжкових оправ, побудовано графік кумулятивної кривої видачі патентів за окремими суб'єктами пошуку (рис. 8).

На рис. 7 та рис. 8 видно, що найбільшу кількість патентів знайдено за такими запитами як: технології виготовлення книжкових оправ та технології забезпечення якості книжкових оправ. Це пов'язано з тим, що саме ці поняття є головними для раціонального виготовлення якісних книжкових оправ.

Така зосередженість на вдосконаленні технологічних процесів відображає важливість інновацій в конструюванні обкладинок, що включає розробку нових матеріалів, методів виготовлення та технік забезпечення якості.

Ці інноваційні підходи є важливими для розробки продукції, яка поєднує в собі не тільки довговічність і функціональність, але також естетичну привабливість. Таке поєднання вимагає ґрунтов-

ного аналізу та розуміння очікувань цільових груп користувачів, що дозволяє адаптувати продукти до конкретних потреб і переваг різноманітних сегментів аудиторії, включно з дітьми, дорослими та особами з особливими потребами.

Конструктивні варіанти просторової конфігурації обкладинок для забезпечення їх ергономічності можуть бути, окрім виготовлених із традиційних палітурних матеріалів крейдованих паперів та картонів хром-ерзац, різноманітними та інноваційними (табл. 2).

До прикладу, обкладинки, оснащені терморегулювальними матеріалами, становлять собою інноваційне рішення, яке здатне адаптуватися до змін температури, тим самим змінюючи свої властивості та вид. Використання термохромних покриттів та чорнил дозволяє обкладинкам перетворюватися візуально, наприклад, змінювати колір або розкривати приховані текстові повідомлення та зображення при підвищенні температури. Ця здатність перетворення робить обкладинки не просто

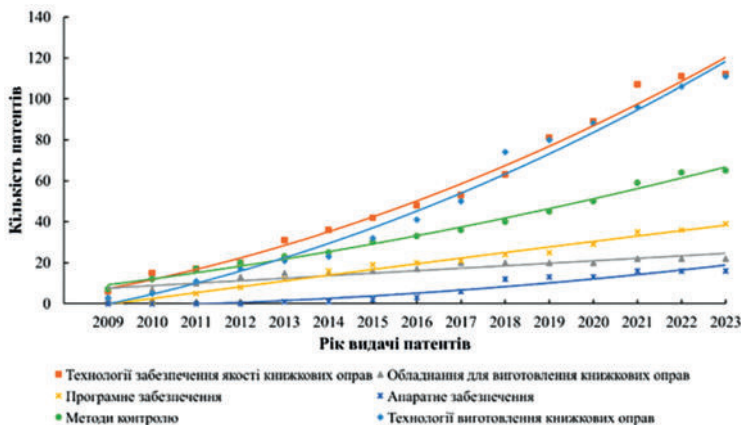
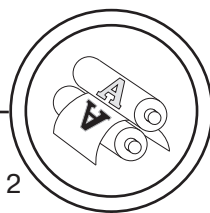


Рис. 8. Кумулятивна крива видачі патентів за окремими напрямками



Таблиця 2

Конструктивні варіанти просторової конфігурації обкладинок для забезпечення їх ергономічності та експлуатаційної сталості

№	Типи обкладинок	Експлуатаційні властивості ергономічних обкладинок
1	З ергономічними вирізами	З вирізами або вглибленнями для пальців, які полегшують тримання книги однією рукою, без зайвого напруження.
2	З вбудованими підставками	Містять елементи, які можна розкласти або витягувати, щоб книгу можна було встановити під кутом для зручності читання без необхідності її тримати.
3	З інтегрованим освітленням	Оснащені вбудованими світлодіодними лампами або гнучкими світловими панелями, дозволяють читати в темряві без необхідності використання зовнішнього джерела світла.
4	З терморегулювальними матеріалами	Змінюють свої властивості (наприклад, м'якість або текстуру) залежно від температури, що робить тримання книги більш комфортним в різних умовах.
5	З кишенями для аксесуарів	Містять одну або кілька кишень або відділень для зберігання додаткових предметів, таких як закладки, нотатки, ручки, забезпечують зручність та організованість під час читання та навчання.
6	Асиметричні	Мають різну форму на передній та задній сторонах, або різну товщину, щоб забезпечити більшу зручність при триманні.
7	Антимікробні	Виготовлені з матеріалів, що мають антимікробні властивості, запобігають розмноженню бактерій та вірусів на поверхні книги, забезпечуючи додатковий захист здоров'я користувачів.
8	Зі змінним дизайном	З можливістю зміни зовнішнього виду через використання знімних панелей або вставок, дозволяють налаштувати зовнішній вид книги під особистий стиль або настрої.
9	Модульні	З можливістю заміни або модифікації окремих частин, наприклад, заміна зношеної частини або додавання додаткових кишень або тримачів.
10	Тришарові	Складаються з трьох шарів — зовнішнього міцного шару, середнього амортизаційного шару та внутрішнього м'якого шару для комфорту під час тримання.
11	Гнучкі	Використання м'яких, гнучких матеріалів, таких як шкірзамінник або м'який пластик, які легко гнуться, але при цьому зберігають форму.



захисним елементом, а й інтерактивним інструментом, який взаємодіє з читачем через тепло людського дотику.

Термореактивні матеріали, зокрема спеціальні полімери, розширюють можливості дизайну обкладинок, адаптуючи свою текстуру залежно від температурних умов. Такі матеріали можуть ставати більш м'якими та гнучкими при нагріванні, що додає елемент сенсорної взаємодії з книгою. Комбінування цих полімерів з традиційними матеріалами, як-от картон або тканина, дозволяє створювати обкладинки, які не лише привабливі, але й функціональні, здатні змінювати свої властивості відповідно до зовнішніх умов.

Додавання до обкладинок терморегулювального ламінату може підсилити їхні захисні властивості та надати їм особливого візуального виду. Цей ламінат може змінювати колір, прозорість або навіть текстуру при зміні температури, що робить кожен екземпляр унікальним та індивідуальним реагивним на середовище.

Інтеграція мініатюрних термoelementів у конструкцію обкладинки відкриває нові можливості для дизайну, дозволяючи активувати візуальні та текстурні зміни не лише від тепла рук читача, але й від зовнішніх джерел тепла. Такий підхід перетворює обкладинку на динамічний об'єкт, що створює особливий зв'язок між книгою та її власником, залучаючи до взаємодії та дослідження.

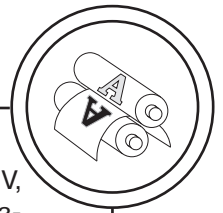
Зазначені в табл. 2. типи обкладинок можуть мати різний рівень застосування залежно від конкретних умов ринку і вимог споживачів. Ці оцінки базуються

на тенденціях споживачів до зручності, функціональності та естетики в обкладинках книг і журналів. Однак числові оцінювання можуть змінюватися залежно від регіону, культурних особливостей та інших чинників, які впливають на переваги та очікування споживачів.

Визначення функціональних цілей обкладинок передбачає основні завдання, такі як захист від фізичного пошкодження, забезпечення естетичного задоволення, підвищення довговічності виробу, а також створення комфортних умов для тривалого читання завдяки ергономічному дизайну. Такий підхід дозволяє ефективно інтегрувати ці завдання в концептуальний дизайн обкладинки.

Процес проектування розпочинається зі створення ескізів (рис. 9), які дозволяють візуалізувати різноманітні ергономічні рішення, від асиметричних форм, що поліпшують тримання обкладинки, до м'яких країв, які знижують ризик некомфортного тиску на пальці під час тривалого читання. Ретельний підбір матеріалів, які повинні бути одночасно м'якими, неслизькими, легкими, але міцними та стійкими до зношування, є необхідним етапом, що забезпечує досягнення цих ергономічних цілей. Даний вибір зумовлює не лише комфорт користувача, але й тривалість служби книги як фізичного об'єкта.

Розрахунок зношуваності інтегральних книжково-журнальних обкладинок залежить від багатьох чинників, включаючи матеріали, з яких вони зроблені, умови використання, частоту використання та тип навантаження на обкладинку.



Оцінка матеріалу обкладинки:

$$W_m = f(M, T), \quad (1)$$

де W_m — зношуваність матеріалу обкладинки, M — тип матеріалу, T — товщина матеріалу.

Оцінка впливу частоти використання:

$$W_f = C \times N, \quad (2)$$

де W_f — зношуваність, що залежить від частоти використання, C — коефіцієнт, що відображає ступінь впливу використання, N — кількість використань за певний період.

Оцінка впливу умов використання:

$$W_u = \sum(U_i \times K_i), \quad (3)$$

де W_u — зношуваність, що залежить від умов використання, U_i — інтенсивність i -го чиннику умов використання (наприклад, вологість, температура), K_i — коефіцієнт впливу i -го чиннику.

Загальна оцінка зношуваності:

$$W_{all} = W_m + W_f + W_u, \quad (4)$$

де W_{all} — загальна оцінка зношуваності обкладинки.

Для моделювання зношуваності інтегральних книжково-журнальних обкладинок у диференціальному виді використано рівняння, які описують зміну стану обкладинки з часом під впливом різних чинників.

$$\frac{dW}{dt} = k \cdot f(P, V, T, M), \quad (5)$$

де $\frac{dW}{dt}$ — швидкість зношування обкладинки в часі; k — константа зношування, яка залежить

від матеріалу обкладинки; $f(P, V, T, M)$ — функція, що враховує різні чинники впливу, такі як: P — механічний тиск або навантаження, (Па); V — швидкість або частота використання, (використань/год); T — температура навколишнього середовища, ($^{\circ}C$); M — вологість або інші метеорологічні умови (%).

Для отримання функції $W(t)$, яка виражатиме загальний знос обкладинки як функцію часу, диференціальне рівняння необхідно інтегрувати. Для інтегрування загального диференціального рівняння зношуваності (5) потрібно визначити форму цієї функції. Оскільки проаналізовано загальний випадок, можливо припустити, що функція f є деякою постійною C , яка відображає середній вплив зазначених чинників на зношуваність. Тоді рівняння прийме вид:

$$\frac{dW}{dt} = kC, \quad (6)$$

де kC є константою, що визначає загальну швидкість зношування. Інтегрування цього рівняння дасть загальний знос обкладинки, як функцію часу:

$$\int \frac{dW}{dt} dt = \int kC dt, \quad (7)$$

$$W(t) = kCt + W_0, \quad (8)$$

де $W(t)$ — загальний знос обкладинки в момент часу t ; W_0 — початковий знос обкладинки в момент часу $t = 0$.

Ця формула вказує на те, що зношуваність обкладинки лінійно зростає з часом за постійних умов. Така лінійна залежність підкреслює необхідність врахування чинників, що впливають на довговічність,



на самому початку процесу конструювання обкладинок, щоб мінімізувати швидкість зношування та подовжити термін служби продукту (рис. 9).

Конструювання містить створення прототипів, які можуть бути як фізичними, так і цифровими, з метою детальної оцінки ергономіки та функціональності розробленого дизайну. Це дозволяє провести тестування з різними групами користувачів та отримати зворотний зв'язок для виявлення потенційних проблем та областей для подальших покращень.

Фіналізація дизайну, яка містить внесення корективів на основі отриманого зворотного зв'язку, є необхідним етапом, що підготовлює продукт до виробництва.

Вибір технологій виробництва є важливим для забезпечення якості готової обкладинки та збереження всіх запланованих дизайнерських елементів. Контроль якості передбачає детальну пе-

ревірку кожної обкладинки на відповідність заданим стандартам ергономічності та якості. Після приєднання обкладинки до книжкового блоку готовий виріб спрямовується на ринок, де його презентують потенційним користувачам, демонструючи його особливості та переваги.

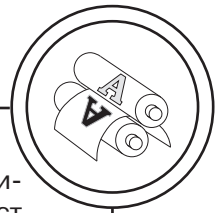
Оцінка ринкової реакції та збір відгуків користувачів стає основою для подальших удосконалень, забезпечуючи постійний розвиток продукту відповідно до змінних потреб та очікувань ринку.

Підбір оптимальних складників для книжкових оправ вимагає урахування ергономічних характеристик, які може бути досягнуто за допомогою різноманітних матеріалів, включно з натуральною шкірою, шкірзамінниками, м'якими пластиками чи комбінаціями тканин (рис. 10).

Наступним етапом є підготовка обраних матеріалів, що включає процеси різання, форму-



Рис. 9. Структурна схема етапу конструювання ергономічних інтегральних обкладинок



вання та обробки поверхні, щоб забезпечити їх готовність до подальшої роботи та збереження ергономічних, естетичних та функціональних властивостей.

На стадії формування обкладинок використовуються спеціалізовані техніки, такі як штампування або тиснення, для створення ергономічних вирізів чи вглиблень, що полегшують користування книгою.

Етап додавання ергономічних елементів передбачає інтеграцію ручок, виступів або м'яких вставок, що підсилюють зручність тримання книги, в той час, як складання кількох шарів матеріалу забезпечує необхідну міцність та ергономічність кінцевого продукту.

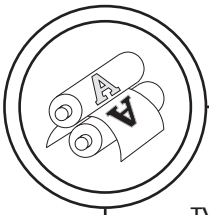
Завершальним етапом є приєднання обкладинки до книжкового блоку, що має бути виконано таким чином, аби забезпечити надійне кріплення, яке витримає тривале використання. Фінішна обробка поверхні, яка може включати полірування, лакування або нанесення захисних покриттів,

забезпечує не лише привабливий зовнішній вид, але й захист від зовнішніх впливів.

Після завершення всіх етапів виробництва проводиться ретельна перевірка кожної обкладинки на відповідність встановленим ергономічним стандартам та вимогам якості. Цей процес гарантує, що кожен виріб не лише відповідає технічним характеристикам, а й забезпечує комфорт і зручність у використанні, що є важливим аспектом споживчого вибору. Саме споживачі, у пошуках балансу між функціональністю та стилем, надають перевагу продуктам, які максимально відповідають їхнім потребам і естетичним вподобанням. Враховуючи це, учасники ініційованого дослідження для вдосконалення дизайну обкладинок, в першу чергу обирають зразки, що відповідають їхнім індивідуальним вимогам, орієнтуючись на такі ключові параметри, як розмір, вага, матеріал і дизайн (рис. 11).



Рис. 10. Структурна схема етапу виготовлення ергономічних інтегральних обкладинок



Після відбору зразків користувачі тестують обкладинки у повсякденному використанні, звертаючи увагу на їхню зручність та адаптивність до різних типів літератури, як-то книги та журнали, з можливістю регулювання розмірів, кріплень та інших елементів для оптимізації зручності користування та захисту від зовнішніх пошкоджень.

У процесі експлуатації важливе місце займає оцінка ергономічності, зокрема, наскільки легко і зручно тримати літературу в руках, ефективність механізмів для перегортання сторінок, а також оцінювання загального комфорту при тривалому читанні, особливо вплив ваги обкладинки на загальну втому користувача.

Крім того, аналізується здатність обкладинок забезпечувати адекватний захист від фізичних пошкоджень під час транспортування та зберігання, що є важливим для збереження первинного стану літератури.

Збір детальної інформації про враження та відгуки користувачів здійснюється за допомогою різноманітних методів, включаючи анкетування, проведення інтерв'ю, організацію фокус-груп, а також

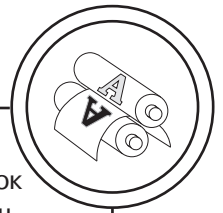
застосування спеціалізованих інструментів для фіксації фізіологічних показників, як-то м'язове напруження, що дозволяє отримати об'єктивну картину щодо ергономіки використання.

При розробці асиметричних ергономічних інтегральних обкладинок, першочерговим завданням є проведення детального аналізу зібраних даних для виявлення сильних і слабких сторін конструктивних рішень. Це дозволяє не лише оцінити ефективність та практичність наявних рішень, але й ідентифікувати можливі напрями для інновацій та подальших вдосконалень. Зокрема, з урахуванням відгуків та пропозицій користувачів, можна розробити вдосконалення конструкції обкладинок, що цілеспрямовано підвищать їхню ергономічність, функціональність та естетичну привабливість.

На наступному етапі, для забезпечення необхідної міцності ергономічних інтегральних обкладинок, важливо визначити основні параметри та застосувати певні припущення, щоб на основі теорії пружності та міцності матеріалів здійснити точний розрахунок міцності обкладинок. Це включає ана-



Рис. 11. Структурна схема етапу споживчого використання ергономічних інтегральних обкладинок



ліз навантажень, яким будуть піддаватися обкладинки, вибір оптимального матеріалу для їх виготовлення, а також врахування геометрії обкладинки.

Міцність асиметричних інтегральних обкладинок, виготовлених із картону хром-ерзац з композитною подвійною клеєною структурою та використанням клею ПВА для склеювання клапанів, була розрахована за допомогою комплексного аналітичного підходу. Початковий етап аналізу охопив визначення механічних властивостей основних матеріалів. Картон хром-ерзац, відомий своєю високою жорсткістю та міцністю на згин, був детально проаналізований для уточнення критичних параметрів, таких як модуль Юнга, межа міцності на розтяг та межа плинності.

Далі оцінено вплив клею ПВА на загальну міцність конструкції, з особливим акцентом на його стійкість до розшарування. Урахування того, що межа міцності клею на зсув може істотно відрізнятись від міцності картону, було важливим для гарантування того, що обкладинка здатна витримувати механічні навантаження без руйнування. Ці дослідження допомогли підтвердити надійність та довговічність асиметричних інтегральних обкладинок, готових до використання в різноманітних умовах.

При аналізі композитної структури врахування взаємодії між шарами картону та клеєм дозволило розглянути її як єдине ціле, використовуючи правила змішування для точного визначення ефективного модуля Юнга, що підсилило прогнозування поведінки матеріалу під навантаженням.

Останнім етапом є розрахунок на згин. Враховуючи асиметричність конструкції, в аналізі моделі згину встановлено, що максимальне напруження зосереджується в найбільш навантажених зонах обкладинки, тому момент інерції для композитної структури, сформованої двома шарами картону, скріпленими клеєм ПВА, обчислено як суму моментів інерції кожного шару, кориговану за ефективним модулем Юнга композиту.

Припустимо, що кожен шар картону має товщину 1 мм, тоді загальна товщина композитної структури буде 2 мм. Момент інерції для кожного шару

$$I_i = \frac{bh_i^3}{12}, \quad (9)$$

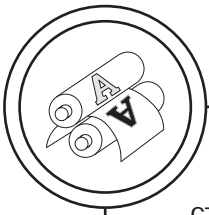
де b — ширина обкладинки, h_i — товщина кожного шару картону. Ефективний момент інерції композитної структури I_{eff} буде сумою моментів інерції шарів, скоригованих на відповідний модуль Юнга.

Застосовуючи формулу максимального напруження від згину можна оцінити міцність обкладинки на згин.

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M \cdot h}{2 \cdot I_{\text{eff}}}. \quad (10)$$

При цьому важливо врахувати асиметрію структури та можливу нерівномірність розподілу напружень.

Врахування асиметрії в дизайні обкладинок вносить додаткову складність у розподіл напружень, особливо в ділянках з ергономічними вирізами чи іншими конструктивними елементами.



Для вираження зміни міцності асиметричної обкладинки відносно експлуатаційно-зношувального періоду в диференціальному виді, можна використати концепцію похідної, яка описує як швидко змінюється одна змінна відносно іншої. У цьому контексті, міцність обкладинки S є функцією часу t , що представляє експлуатаційно-зношувальний період. Тоді диференціальне рівняння, яке описує зміну міцності обкладинки в часі, може бути записане як:

$$\frac{dS}{dt} = f(t), \quad (11)$$

де $\frac{dS}{dt}$ — похідна міцності S по часу, а $f(t)$ — функція, що описує, як саме міцність змінюється в часі. Функція $f(t)$ може включати різні чинники, такі як зношування матеріалу, поступове руйнування під дією зовнішніх сил, втома матеріалу тощо.

Для врахування зношування матеріалу, поступового руйнування під дією зовнішніх сил, та втоми матеріалу в диференціальному виді, розширено попереднє диференціальне рівняння, додавши терміни, які представляють кожен з цих ефектів. Отже, зміна міцності S асиметричної обкладинки в часі t може бути представлена наступним рівнянням:

$$\frac{dS}{dt} = -k_w W(t) - k_f F(t) - k_v V(t), \quad (12)$$

де $\frac{dS}{dt}$ — швидкість зміни міцності S обкладинки в часі t ; $W(t)$ — вплив зношування матеріалу,

яке може залежати від часу та умов експлуатації; $F(t)$ — вплив зовнішніх сил, що призводять до поступового руйнування матеріалу; $V(t)$ — вплив втоми матеріалу, який також може залежати від часу та історії навантаження; k_w , k_f , і k_v — константи, що визначають чутливість міцності матеріалу до зношування, руйнування від зовнішніх сил, та втоми відповідно.

Це рівняння становить спрощену модель, яка дозволяє кількісно оцінити вплив різних чинників на міцність матеріалу. Для кожного терміну моделі необхідно мати емпіричні дані або теоретичні основи, щоб визначити відповідні функції $W(t)$, $F(t)$, і $V(t)$, а також константи k_w , k_f , і k_v .

Для загального випадку наведено формули розрахунку компонентів $W(t)$, $F(t)$, і $V(t)$, які представляють вплив зношування матеріалу, руйнування від зовнішніх сил, та втоми матеріалу відповідно.

Зношування матеріалу часто моделюється як лінійний або експоненційний процес у часі:

лінійна модель:

$$W(t) = w_0 + w_1 t, \quad (13)$$

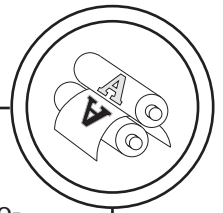
експоненційна модель:

$$W(t) = w_0 e^{w_1 t}, \quad (14)$$

де w_0 та w_1 — константи, що характеризують швидкість зношування, і t — час.

Руйнування від зовнішніх сил може бути представлено через зміну напруження у матеріалі від прикладених навантажень:

$$F(t) = f_0 + f_1 \sigma(t), \quad (15)$$



де f_0 та f_1 — константи, що характеризують вплив навантажень на руйнування, і $\sigma(t)$ — напруження у матеріалі, яке може змінюватися в часі.

Втома матеріалу описується за допомогою кумулятивних пошкоджень, що залежать від історії навантажень. За правилом Палмгрена-Майнера:

$$V(t) = \sum \left(\frac{n_i}{N_i} \right), \quad (16)$$

де n_i — кількість циклів навантаження з амплітудою, N_i — кількість циклів до руйнування при амплітуді i . Сумування ведеться по всім амплітудам навантажень, які матеріал витримав до моменту часу t .

Для точного числового розрахунку впливу цих чинників на міцність асиметричної обкладинки необхідно проведення експериментальних досліджень та/або детальний аналіз за допомогою числових методів, таких як метод скінченних елементів (МСЕ).

Інтеграція аналізу користувачьких відгуків на результати споживчого використання з точними розрахунками міцності сприятиме створенню інтегральних ергономічних обкладинок, які не лише відповідають високим стандартам якості, надійності та естетики, але й втілюють передові технологічні досягнення в областях матеріалознавства та дизайну.

Список використаної літератури

1. Kyrychok P. Determining the influence of the thickness of an adhesive layer on a change in the angles of contact and tangent angles / P. Kyrychok, O. Paliukh, V. Oliynyk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 3/1(105). pp. 52–67. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/203439>.

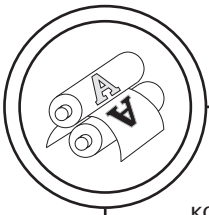
Висновки

1. Виявлено значний вплив просторової конфігурації, матеріалів, ваги, та розміру обкладинок на ергономічні характеристики, зокрема на зручність тримання, втомлюваність рук під час тривалого користування та доступність функціональних елементів.

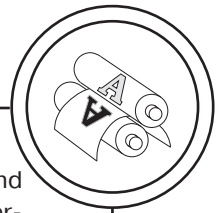
2. Розроблено методологію для оцінки ергономічності обкладинок, яка включає як кількісні, так і якісні показники. Ця методологія дозволяє комплексно оцінювати ергономічні характеристики на різних етапах розробки продукту від ідеї до прототипування.

3. Дослідження підтвердило, що оптимізація фізичних характеристик обкладинок, зокрема вибір легких і міцних матеріалів, має істотне значення для підвищення їх ергономічності. Ефективне використання інноваційних матеріалів та технологій дозволяє досягти оптимального балансу між міцністю, довговічністю та зручністю користування.

4. Розроблено рекомендації для виробництва інтегральних обкладинок, що враховують всі визначені ергономічні та експлуатаційні характеристики. Ці рекомендації спрямовано на оптимізацію конструктивних параметрів обкладинок для різних цільових груп користувачів, забезпечуючи при цьому високу міцність, довговічність та естетичну привабливість продукту.



2. Олійник Вікторія. Конструктивні особливості сучасної української друкованої книги / В. Олійник // Вісник КНУКіМ. Серія «Мистецтвознавство». 2023. № 48. С. 178–184. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282482>.
3. Ranger F. Tools and methods used by industrial designers for product dimensioning / F. Ranger, S. Vezeau, M. Lortie // International Journal of Industrial Ergonomics. November 2019. Volume 74. pp. 102844. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814118303858>.
4. Rheianne Mae Herrera. 3D-Printed Ergonomic Tool Handles / Rheianne Mae Herrera, Ma. Andrea Blanco, John Carlo Carabeo, Faye Dannah Ramilo, John Renmar de Silva, Neil Oliver Nuqui, Michaela T. Espino, Brian J. Tuazon, John Ryan C. Dizon // Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET). October 2022. Vol. 4. No. 2. pp. 0220210-01~0220210-10. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/John-Ryan-Dizon/publication/365159947_3D-Printed_Ergonomic_Tool_Handles/links/63672cc154eb5f547ca916f2/3D-Printed-Ergonomic-Tool-Handles.pdf.
5. Tjaša Kermavnar. The application of additive manufacturing / 3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review / Tjaša Kermavnar, Alice Shannon, Leonard W. O'Sullivan // Applied Ergonomics. November 2021. Volume 97. pp. 103528. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687021001757>.
6. Lewis Urquhart. The Application of Generative Algorithms in Human-Centered Product Development / Lewis Urquhart, Andrew Wodehouse, Brian Loudon, Craig Fingland // Applied Sciences. 2022. 12(7). pp. 3682. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/7/3682>.
7. Dominguez-Alfaro. ErgoVSM: A new tool that integrates ergonomics and productivity / Dominguez-Alfaro, Denisse Mendoza-Muñoz, Ismael Navarro-González, Carlos Raúl Montoya-Reyes, Mildrend Ivett Cruz-Sotelo, Samantha E. Vargas-Bernal, Olivia Yessenia // Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM). 2021. Vol. 14. № 3. pp. 552–569. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.econstor.eu/esstatistics/10419/261768?year=2024&month=2>.
8. Anabela Carvalho Alves. A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: Insights from Industrial Engineering final year projects / Anabela Carvalho Alves, Ana Cristina Ferreira, Laura Costa Maia, Celina P. Leão, Paula Carneiro // International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM). 2019. Vol. 10. No 4. pp. 243–256. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.ijiemjournal.org/images/journal/volume10/IJIEM_244.pdf.
9. Changsong Wu. Application of Ergonomics in Product Design Based on Computer-Aided Design / Changsong Wu // Mathematical Problems in Engineering. 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2022/7523367/>.
10. H. Onan Demirel. Digital Human Modeling: A Review and Reappraisal of Origins, Present, and Expected Future Methods for Representing Humans Computationally / H. Onan Demirel, Icon Salman Ahmed, Vincent G. Duffy // International Journal of Human-Computer Interaction. 2022. Volume 38. Issue 10. pp. 897–937. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2021.1976507>.



11. Aimin Zhou. Optimal Design of Product Form for Aesthetics and Ergonomics / Aimin Zhou, Jian Ma, Shutao Zhang, Jinyan Ouyang // *Computer-Aided Design & Applications*. 2023. 20(1). pp. 1–27. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.cad-journal.net/files/vol_20/CAD_20\(1\)_2023_1-27.pdf](https://www.cad-journal.net/files/vol_20/CAD_20(1)_2023_1-27.pdf).

References

1. Kyrychok, P., Paliukh, O., & Oliynyk, V. (2020). Determining the influence of the thickness of an adhesive layer on a change in the angles of contact and tangent angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/1(105), 52–67. Retrieved from <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/203439> [in English].

2. Oliynyk, V. (2023). Konstruktyvni osoblyvosti suchasnoi ukrainskoi drukovanoi knyhy [Structural features of the modern Ukrainian printed book]. *Visnyk KNUKIM. Seriya 'Mystetstvoznavstvo'*, 48, 178–184. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282482> [in Ukrainian].

3. Ranger, F., Vezeau, S., & Lortie, M. (November 2019). Tools and methods used by industrial designers for product dimensioning. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 74, 102844. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814118303858>.

4. Herrera, R. M., Blanco, M. A., Carabeo, J. C., Ramilo, F. D., de Silva, J. R., Nuqui, N. O., Espino, M. T., Tuazon, B. J., & Dizon, J. R. C. (October 2022). 3D-Printed Ergonomic Tool Handles. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET)*, Vol. 4, No. 2, 0220210-01~0220210-10. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/John-Ryan-Dizon/publication/365159947_3D-Printed_Ergonomic_Tool_Handles/links/63672cc154eb5f547ca916f2/3D-Printed-Ergonomic-Tool-Handles.pdf.

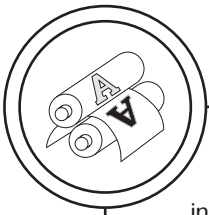
5. Kermavnar, T., Shannon, A., & O'Sullivan, L. W. (November 2021). The application of additive manufacturing / 3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review. *Applied Ergonomics*, Vol. 97, 103528. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687021001757>.

6. Urquhart, L., Wodehouse, A., Loudon, B., & Fingland, C. (2022). The Application of Generative Algorithms in Human-Centered Product Development. *Applied Sciences*, 12(7), 3682. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/7/3682>.

7. Dominguez-Alfaro, Mendoza-Muñoz, D., Navarro-González, I., Montoya-Reyes, C. R., Cruz-Sotelo, M. I., Vargas-Bernal, S. E., & Yessenia, O. (2021). ErgoVSM: A new tool that integrates ergonomics and productivity. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, Vol. 14, 3, 552–569. Retrieved from <https://www.econstor.eu/esstatistics/10419/261768?year=2024&month=2>.

8. Carvalho Alves, A., Ferreira, A. C., Costa Maia, L., Leão, C. P., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: Insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, Vol. 10, No 4, 243–256. Retrieved from http://www.ijiemjournal.org/images/journal/volume10/IJIEM_244.pdf.

9. Wu, C. (2022). Application of Ergonomics in Product Design Based on Computer-Aided Design. *Mathematical Problems in Engineering*. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2022/7523367/>.



10. Demirel, H. O., Ahmed, I. S., & Duffy, V. G. (2022). Digital Human Modeling: A Review and Reappraisal of Origins, Present, and Expected Future Methods for Representing Humans Computationally. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 38, Issue 10, 897–937. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2021.1976507>.

11. Zhou, A., Ma, J., Zhang, S., & Ouyang, J. (2023). Optimal Design of Product Form for Aesthetics and Ergonomics. *Computer-Aided Design & Applications*, 20(1), 1–27. Retrieved from [https://www.cad-journal.net/files/vol_20/CAD_20\(1\)_2023_1-27.pdf](https://www.cad-journal.net/files/vol_20/CAD_20(1)_2023_1-27.pdf).

The object of study is the processes of development and analysis of structural variants of spatial configuration of covers aimed at optimizing their ergonomics during use. Analytical studies are focused on examining the relationship between the shape, size, materials, and other structural elements of the covers with their ergonomic characteristics.

Keywords: cover design; spatial configuration; ergonomics; design options; analytical research.

Надійшла до редакції 18.11.23