

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
Кафедра Медіасистеми та технології
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютерні технології
та системи видавничо-поліграфічних виробництв
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)
« 31 » жовтня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Пономаренко Анні Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження механізмів паперових pop-up виробів

затверджена наказом по університету від 31 жовтня 2022р. № 1432 Ст


2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 6 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи
Друковані видання із значним обсягом інформації, поданої у вигляді таблиць; Поп-ап видання і вироби; Класифікація поп-ап механізмів; Основи теорії механізмів; Методи прийняття рішень.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Теоретичний аналіз та проблематика використання поп-ап виробів; Аналіз конструкції поп-ап виробів; Експериментальна частина; Економічна частина; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій
Вступ; Використання поп-ап виробів; Визначення мети роботи; Постановка задач дослідження; Класифікація поп-ап механізмів; Кінематична репрезентація поп-ап механізмів; Планування експерименту; Розробка альтернатив; Оцінка МАІ; Результати експерименту; Рекомендації для виготовлення нових видань; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф Кулішова Н.Є.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичний аналіз та проблематика використання поп-ап виробів	04.11.2022	виконано
2	Аналіз конструкції поп-ап виробів	09.11.2022	виконано
3	Експериментальна частина	17.11.2022	виконано
4	Економічна частина	29.11.2022	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	05.12.2022	виконано
6	Оформлення графічної частини	07.12.2022	виконано

Дата видачі завдання 31 жовтня 2022 р.

Студент  Пономаренко А.С.
(підпис)

Керівник роботи  проф. Кулішова Н.Є.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 73 с., 5 табл., 54 рис., 1 дод., 24 джерел.

ПОП-АП ВИРІБ, ПОП-АП МЕХАНІЗМ, ПАПЕРОВИЙ МЕХАНІЗМ, ПОП-АП, КОНСТРУКЦІЯ, ЧОТИРИЛАНКОВИЙ МЕХАНІЗМ, ЗАСЛОНКА, СЛАЙДЕР, ДИСК.

Метою роботи є визначення оптимальних конструкцій для забезпечення максимальної ефективності передачі інформації.

Об'єктом дослідження є конструкція поп-ап виробів.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто історію розвитку і застосування поп-ап механізмів, їх класифікацію, проаналізовано мету застосування різних видів конструкцій, їх конструктивних особливостей, оцінена їх здатність до передачі інформації. Було проведено експериментальне порівняння 8 видів паперових механізмів, проведено оцінку методом аналізу ієрархій, визначено типи механізмів, що найефективніше вирішують завдання економії місця на сторінці. Розроблено рекомендації до вибору механізму при виготовленні нових поп-ап видань.

ABSTRACT

Explanatory note of qualification work: 73 p., 5 tab., 54 pic., 1 app., 24 sources.

POP-UP PRODUCT, POP-UP MECHANISM, PAPER MECHANISM, POP-UP, STRUCTURE, FOUR-BAR MECHANISM, FLAP, SLIDER, WHEEL.

The purpose of the qualification work is determination of optimal structures to ensure maximum efficiency of information transfer.

The object of research configuration of pop-up products.

The qualification work analyzes the history of the development and use of pop-up mechanisms, their classification, the purpose of using various types of structures, their design features, and their ability to transmit information. An experimental comparison of 8 types of paper mechanisms was carried out, an evaluation was carried out using the method of Analytical hierarchy process, and the types of mechanisms that most effectively solve the task of saving space on the page were determined. Recommendations for the selection of the mechanism for the production of new pop-up publications have been developed.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	8
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ ПОП-АП ВИРОБІВ	11
1.1 Дослідження історії виникнення та використання поп-ап виробів.....	11
1.2 Сфери застосування поп-ап сьогодні.....	15
1.2.1 Рекламна продукція	16
1.2.2 Поп-ап книжки для фанатів фільмів і мультфільмів.....	17
1.2.3 Розвиваючі поп-ап книжки для дітей.....	18
1.2.4 Пізнавально-пригодницькі, енциклопедичні поп-ап книжки	19
1.2.5 Художні поп-ап книжки	20
1.2.6 Поп-ап книжки на основі казок і романів	21
1.2.7 Вітальні листівки.....	21
1.3 Постановка задач дослідження.....	22
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПОП-АП ВИРОБІВ	24
2.1 Кінематичні принципи застосовані до простих паперових механізмів	24
2.1.1 Прості паперові механізми.....	29
2.1.2 З'єднання.....	30
2.1.3 Плоскі механізми	32
2.1.4 Сферичні механізми.....	33
2.1.5 Складні механізми	34
2.2 Особливості використання паперових механізмів.....	36
2.2.1 Заслонка	37
2.2.2 Колесо (диск).....	38
2.2.3 Слайдер	39
2.2.4 Жалюзі.....	39
2.2.5 Тунельна книга	40
2.2.6 Додаткові розвороти	41

2.2.7 Самозведені моделі	41
2.2.8 Геометричні форми	43
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	44
3.1 Планування експерименту і обґрунтування методу дослідження	44
3.2 Підготовка до експерименту	45
3.3 Оцінка МАІ	50
3.4 Розробка рекомендацій для виготовлення нових pop-up видань.....	58
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
4.1 Характеристика науково-дослідного рішення.....	61
4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата.....	61
4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР	64
4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	71
ДОДАТОК А Рекомендації застосування паперових механізмів	74

ВСТУП

Завдяки безперервному розширенню сфери впливу цифрової інформації, швидкій зміні різновидів електронних носіїв, що використовуються для її передачі та відтворення, актуалізується питання про створення нових, актуальних підходів до проектування звичайної паперової книги, щоб забезпечити виконання її основної інформаційної функції. Саме таку можливість пропонують поп-ап вироби.

Поп-ап – це мистецтво створення тривимірних об'єктів з паперу з використанням механізмів, завдяки яким при відкритті сторінки двовимірна конструкція шляхом переміщення у просторі стає об'ємною, а при згортанні – знову плоскою. Термін «pop-up» у перекладі з англійської означає «несподівано виникати, вискакувати», і часто застосовується до будь-якої книги, яка містить у собі подібні конструкції. «Спливаючою книгою» – «pop-up book» – називають таку книгу, картинки у якій стають об'ємними при розгортанні сторінки, немов «спливаючи».

Розповсюдженням у літературі також є вживання термінів «moving» та «moving book», що означають «рухомий» та «рухомі книжки». Взаємодія у таких книжках забезпечується завдяки використанню таких паперових механізмів, як згини, згортки, закладки та інші, що зазвичай виконують двовимірний рух, і, на відміну від pop-up механізмів, не обов'язково стають об'ємними [1].

Для узагальнення, зазначені види книжок, що були створені із залученням паперових механізмів можна назвати інтерактивними – тобто книжками, що забезпечують не тільки функцію передачі інформації, а й надають змогу читачеві взаємодіяти з елементами у них. Часто спливаючі-тривимірні та рухомі-двовимірні елементи поєднуються в одній книжці, але для її означення все одно використовують термін «pop-up».

Залучення використання об'ємних виробів відкриває унікальну можливість додати новий спосіб взаємодії з читачами, який не можуть забезпечити звичайні друковані книги. Поп-ап книги дозволяють поєднати принципи інженерної та літературної майстерності для вдосконалення досвіду користування паперовими виробами, підсилення враженнями, та дають змогу створити абсолютно новий витвір мистецтва, що свідчить про потенціальну силу інженерії в мистецтві, що забезпечує можливість використовувати тривимірний простір для передачі інформації.

До поп-ап виробів відноситься різноманітна продукція: від листівок і книжок до повноцінних паперових моделей та іграшок. Поп-ап вироби мають велику популярність через незвичність форми, вони привертають увагу. Об'ємні книжки займають окрему нішу у дитячій літературі, адже тактильні відчуття є дуже важливими для людини, і фізичні властивості поп-ап книги дають можливість їм проявитися. Різноманіття плоских механізмів і технік, що використовуються при виготовленні поп-ап виробів, дає можливість виробникам реалізувати найскладніші ідеї та задуми.

Проектування поп-ап конструкцій та розуміння варіативності використання їхніх можливостей подання інформації однаково важливі для створення ефективної, цікавої і якісної продукції. Незважаючи на той факт, що основною метою використання поп-ап механізмів у книжках художньої літератури є підсилення естетичних вражень від прочитаного за їх допомогою, їх залучення створює суворі інженерні проблеми. Таким чином, паперові інженери, які працюють над макетуванням та реалізацією спливаючих механізмів повинні дотримуватися певного узгодженого процесу проектування, подібного до того, що використовують інженери-механіки, які працюють над проектуванням і виготовленням інших товарних продуктів.

Актуальність даної роботи зумовлена неспадаючим попитом на продукцію та потребі ринку у нових цікавих рішеннях. При розробці нового поп-ап видання розуміння принципів роботи певних типів поп-ап механізмів надасть змогу обрати найліпший вид паперової конструкції та використати її

для вирішення поставленого завдання, а розгляд конструкцій з точки зору кількісного аналізу представлення інформації та мети використання посприяє вирішенню проблеми вибору.

Етапи аналізу інформації та розмежування її на основну та другорядну стають дедалі більш важливими, особливо сьогодні, під час вражаючого потоку її надходження. Під час роботи з виданнями, що характеризуються великою кількістю текстової інформації, яскраво постає проблема подання додаткової інформації та економії місця на сторінках, але за умови збереження її кількості. Завдання зменшення площі, яку займає інформація на сторінці, є доцільним в даному випадку. Його вирішення дозволяє зменшити об'єм видання, його товщину, та вплинути на зручність використання та зберігання користувачами.

Аналіз та моделювання поп-ап виробів та оцінка доцільності їх використання в залежності від змісту та характеру інформації, яку необхідно передати є важливим етапом при розробці нових поп-ап виробів. Метою роботи є визначення оптимальних конструкцій для забезпечення максимальної ефективності передачі інформації та економії виробничих ресурсів.

1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ ПОП-АП ВИРОБІВ

1.1 Дослідження історії виникнення та використання поп-ап виробів

Не дивлячись на зростаючу тенденцію використання виробниками поп-ап виробів у сфері дитячої літератури, ані естетичність, ані інтерактивність не були першочерговою метою їх створення. Першим відомим нині прикладом книги, що виходить за межі площини аркуша, вважається «Велика хроніка», англійська латиномовна ілюстрована хроніка історії світу, яка була створена англійським монахом, істориком-хроністом Меттью Перісом (Matthew Paris) [2], який також відомий як Матвій Паризький (Matthaeus Parisiensis), що жив у тринадцятому столітті (1200–1259). Будучи хроністом, ілюстратором рукописів та картографом водночас, він уперше вклеїв у книгу складену карту, де був позначений шлях палігримів з Великої Британії до Святої Землі.

Крім цього, оскільки Матвій був монахом-бенедиктинцем, йому необхідно було обчислювати дати святих днів на календарі, і для полегшення цього процесу учений прикріпив до сторінок свого рукопису округлі паперові диски, які приєднувалися один до одного через центр, завдяки методиці обертання яких ченці з легкістю обчислювали дати святих календарних подій. Така конструкція згодом отримала назву «волвель». Волвель, або колісна діаграма, є різновидом слайд-діаграми, і представляє собою паперову конструкцію з обертовими деталями. Протягом століть учені використовували технологію волвелів для викладання анатомії, складання астрономічних прогнозів, розшифровки та створення секретного коду та навіть для ворожіння. Найчастіше приклади ранішніх волвелів можна було побачити на сторінках астрономічних книг. Так, у 1524 року вийшла ще одна рухома астрологічна книга – «Космографія», написана та оформлена німецьким механіком та астрономом Петером Апіаном. У цьому творі Апіан пропонує для визначення

географічних довгот вимірювати відстань між Місяцем та нерухомими зірками, і вперше вказує, що хвости комет звернені у сторону, протилежну Сонцю, а для доведення та наглядних прикладів використовує колісні діаграми (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Колісна діаграма Astronomicum Caesareum
Петра Апіана, 1540 р

У наступні роки використання поп-ап виробів знайшло своє місце у медичній сфері. Перші відомі приклади були створені німецьким художником Генріхом Фогтером у Страсбурзі, у 1538 році. Як друкар і поет, він поєднав кілька шарів випрасуваного льону так, щоб читачі могли відкрити його ілюстрації і побачити положення основних органів як на чоловічих, так і на жіночих фігурах. У той час як волвелі, або багатошарові рухомі колісні діаграми, використовувалися в середньовічній астрономії та навігаційних текстах, це був перший випадок, коли подібна ідея була застосована до анатомічної ілюстрації [3]. Для опису подібного механізму сучасні інженери та дослідники властивостей конструкцій з паперу [4, 5, 6] використовують англійський термін «flap», що можна перевести як «клапан», «заслон», «стулка». Україномовні дослідники використовують термін заслонка.

З плином часу методи, що використовувались для створення механізмів-заслонок ставали більш складнішими, що призвело до їх більш інноваційного використання. Французький лікар Гюстав Дж. Вітковскі створив багатошарову модель мозку із понад двадцятьма рухомими частинами для своєї книги

«Le Corps Humain». Німецький зоолог та викладач Едуард Оскар Шмідт розробив пошарове представлення людської голови, за допомогою якої можна дослідити м'язову тканину, нерви, очі та мозок у його книзі «Анатомії голови та шиї людини» (рис 1.2) [3].



Рисунок 1.2 – Поп-ап елемент у книзі Едуарда Оскара Шмідта

У ті часи висока вартість книг, активне використання ручної праці під час їх виготовлення дозволяло застосовувати в оформленні не тільки дорогі матеріали, а й оригінальні підходи, такі як використання рухомих та нестандартних конструктивних елементів. Лише наприкінці XVIII століття ці прийоми стали застосовуватися до книг, призначених для розваг, особливо для дітей. До цього часу вони були рідкістю. Але пізніше, завдяки здешевленню виробництва й зростанню грамотності населення за епохи Ренесансу книжки набули розповсюдження не тільки серед аристократії і вчених. Це сприяло виникненню розважальних видань для більш широкого кола споживачів, але їхні конструкції на цьому етапі були доволі прості й недосконалі.

У середині XVIII століття виник і принципово новий тип просторових конструкцій – книги-тонелі, що являли собою одну об'ємну сцену, виконану на декількох планах. У 1740 р. у Німеччині гравірувальник і друкар Мартін Енгельбрехт (Martin Engelbrecht) видав перший технічно недосконалий прообраз книги-тонеля, який містив шість кольорових відбитків ручної роботи з ретельно вирізаними деталями, що створювали перспективний вигляд аристократичних чоловіків і жінок, які танцюють разом у саду (рис. 1.3) [7].



Рисунок 1.3 – Прообраз книги-тонеля Мартіна Енгельбрехта

Розвиток саме дитячої інтерактивної книжкової форми почався відносно пізно і був пов'язаний у першу чергу з соціокультурними змінами у суспільстві, виникненням і розвитком концепції безтурботного, веселого дитинства, з великою кількістю розваг, а не тільки корисного навчання з отриманням практичних навичок. У 1850 році лондонське видавництво «Dean & Son» випустило книгу, обладнану механізмами у вигляді паперових смужок, що урухомлювали персонажів (рис. 1.4), а в 1856 році – серію казок і пригод з назвою «New Scenic Books» («Нова книга зі сценками»). Ілюстрації у книзі були створені таким чином, що у разі відкривання книги вся сцена розгорталася в просторі (рис. 1.5) [8]. Ця конструктивна схема тотожна сучасним схемам книжок-панорамок.



Рисунок 1.4 – Сторінки видання з паперовими механізмами видавництва «Dean & Son»



Рисунок 1.5 – Сторінки видання зі спливаючою сценою
видавництва «Dean & Son»

Незважаючи на задокументовані факти того, що книги з рухомими частинами створювались протягом століть, їх використання майже завжди обмежувалось використанням у наукових працях. Таким чином, першими книгами з інтерактивними елементами були науково-пізнавальні книги для дорослих, а не розважальні або дитячі видання. Це пов'язано з високою вартістю книги, яка не була іграшкою, а була доступна лише заможним верствам населення, аристократії, вченим і слугувала ознакою високого соціального статусу.

Першочерговою метою використання паперових механізмів можна назвати ефективне подання інформації. Сучасною назвою механізмів, що застосовувалися у минулі часи, є диски, слайдери та заслонки. З плином часу використання поп-ап виробів набуло за мету подання інформації в новій інтерактивній формі, передачі емоцій і створення унікального досвіду для читача. На сьогоднішній день поп-ап конструкції набувають все більш складних форм.

1.2 Сфери застосування поп-ап сьогодні

В XXI ст. цінність інтерактивних книжок продовжує зростати, вони починають мати ширше коло застосування. Популярність поп-ап виробів обумовлена збільшенням інтересу споживача до незвичних способів

демонстрації продукту. Об'ємні книжки, як і раніше, вимагають великого відсотка ручної роботи, є більш складними у проектуванні та виробництві, але саме це й забезпечує їх унікальність. Персоніфікація та відмінність від масового продукту обумовлює зростаючий інтерес до поп-ап виробів [7, 9].

Сьогодні над створенням рухомої книги має працювати ціла кваліфікована команда. На початку процесу художники працюють над концепцією та сюжетною лінією виробу. Потім паперовий інженер береться за роботу, щоб продумати та описати механіку самої книги. До його обов'язків відносять процеси вибору матеріалу, способів скріплення, прорахунку висоти поп-ап конструкції, довжини висувних виступів, розміщення спливаючих вікон, тощо. Після завершення всіх цих етапів видавець друкує та продає остаточну книгу. Навіть сьогодні спливаючі книги створюються з використанням елементів ручної праці на виробничих лініях. І хоча цей процес створення може відрізнятися від виконавця до виконавця та від книги до книги, загалом обсяг роботи, який виконується для виготовлення однієї спливаючої книги, вражає.

1.2.1 Рекламна продукція

Інтерактивні книжки в останні роки набувають широкого попиту у використанні відомими брендами для реклами своєї продукції. Їх залучення дозволяє цікаво представити новий продукт так, щоб він запам'ятався. При створенні таких виробів велика увага приділяється дотриманню стилістики бренду, використанню великої кількості інтерактивних елементів – заслонок, слайдерів, тривимірних розкладок; та залученню сучасних технологій – впровадження використання додаткової реальності та QR-кодів [10].

Яскравим прикладом такого підходу є робота бренду розробника одягу Lacoste разом із консалтинговою фірмою з промислового дизайну InkStudios, що створили разом поп-ап книгу ручної роботи на 24 сторінки, щоб відсвяткувати запуск нового аромату парфумів для чоловіків Lacoste L!VE (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Сторінки рекламного видання Lacoste L!VE

Рішення використовувати поп-ап вироби у якості реклами може бути прийняте й для досягнення практичної мети. Так, бармену Крісу Муру спала на думку ідея створити меню з об'ємними напоями для свого бару «Бофорт», і, за допомогою паперового інженера Хелен Фріл разом з ілюстратором Джо Вільсоном, вони розробили оригінальне видання цього меню у стилі «деко» (рис. 1.7). Подібний витвір мистецтва став не тільки об'єктом для рекламного ролику, але й самостійним елементом декору у закладі, цікавою частиною досвіду для відвідувачів, що обов'язково запам'ятається.



Рисунок 1.7 – Поп-ап видання меню бару «Бофорт»

1.2.2 Поп-ап книжки для фанатів фільмів і мультфільмів

Однією з найбільших сфер застосування поп-ап виробів можна сміливо назвати створення книжок на основі мультфільмів, фільмів та серіалів (рис. 1.8).

Такі видання багаті на деталі та складні механізми, і їх залучення дивує не менше, ніж власне першоджерело натхнення. Фанати готові купувати інтерактивні книжки з їх улюбленими героями. Використання техніки поп-ап дозволяє принести незвичайність і унікальність у видання в порівнянні з іншими видами печатної продукції, наприклад, артбуком чи описом історії створення фільму. У таких виданнях часто використовуються складні механізми, велика кількість дрібних деталей, які можна роздивлятися з усіх сторін.



Рисунок 1.8 – Інтерактивне видання по серії фільмів «Гаррі Поттер»

1.2.3 Розвиваючі поп-ап книжки для дітей

При використанні терміну «інтерактивна книжка» або «книжка-іграшка» більшості користувачів спадає на думку саме розвиваючі книги для дітей. Інтерактивна частина таких книг дозволяє отримати дитині новий досвід в пізнаванні світу, затримує увагу, бо поп-ап відрізняється від використання простих ілюстрацій. В таких виданнях використовують більш прості механізми, без великої кількості деталей, наприклад заслонки та вирізи.

1.2.4 Пізнавально-пригодницькі, енциклопедичні поп-ап книжки

Поп-ап книги такого типу мають велике різноманіття і можуть бути присвячені майже будь-якій енциклопедичній темі: від часів існування динозаврів до історії стародавнього Єгипту, від глибин океану до захоплюючого світу драконів. Цільовою аудиторією таких видань зазвичай є діти середнього та старшого шкільного віку. Видання мають бути цікавими, з великою кількістю інтерактивних елементів. Чим більшою буде наявність різноманітних матеріалів, механізмів, додаткових предметів у примірнику, тим більш незвичним та унікальним він буде здаватись. Кожна деталь має стимулювати інтерес читача, тож для подібних видань характерне використання одразу декількох стилів ілюстрацій, наявність великих обсягів тексту (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Інтерактивна книга «Динозаври. Королі Мезозою»,
Роберт Маш

Цікаво, що історично закладене завдання використання інтерактивних книг – ілюструвати наукові явища та відкриття – не втрачає актуальності і сьогодні. Прикладом може слугувати видання книги про великий адронний колайдер (рис. 1.10), метою створення якого була популяризація науки.



Рисунок 1.10 – Книга «Voyage to the Heart of Matter»

1.2.5 Художні поп-ап книжки

Книги, у яких акцент зосереджений на стилі та техніці малювання, відносять до художніх інтерактивних книжок. Кожна сторінка такого виробу сприймається як цілісна картина художника. Художні поп-ап книжки багаті на незвичні механізми, поглиблену промальовку та деталізацію. Такі поп-ап книжки створюють художники на основі своїх ілюстрацій. Їх виробництво забезпечує можливість розказати авторам стару історію на новий лад або додати до вже відомої читачу інформації щось нове та незвичне. Велика увага в таких книжках приділяється деталям, ілюстраціям, використовуються складні механізми (рис. 1.11).

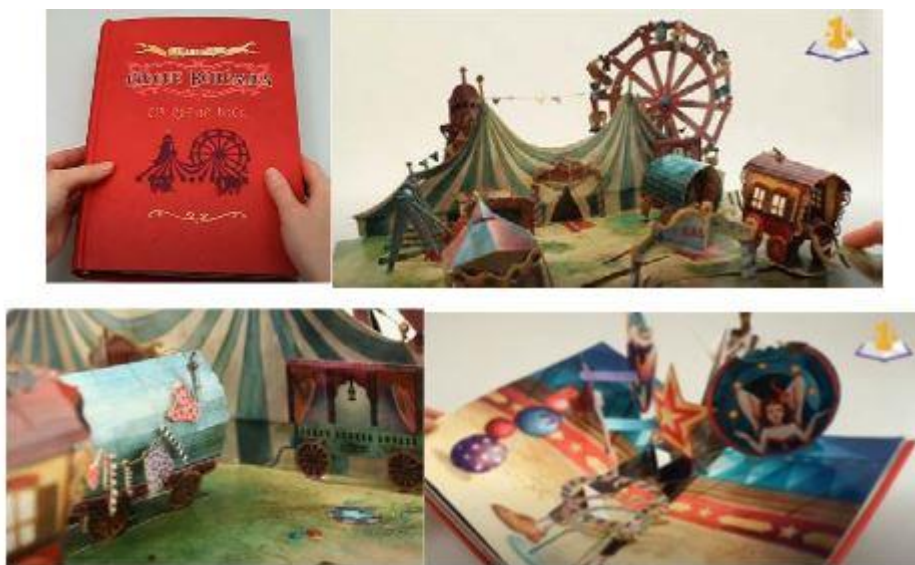


Рисунок 1.11 – Поп-ап книжка «Цирк Зінгаро», Тіна Краус

1.2.6 Поп-ап книжки на основі казок і романів

Не дивлячись на те, що використання поп-ап виробів для розповіді відомих історій та казок не є новим для сьогодення, такі книжки не втрачають своєї популярності. Ускладнюючими моментами у розробці таких книг можна вважати дотримання оптимального співвідношення тексту та власне поп-ап конструкцій. Нерідко текст для цих видань переписується, щоб розповісти цілісну історію з доповненням її цікавими інтерактивними елементами. Враховуючи той факт, що поп-ап видання не може містити багато сторінок, бо стане занадто важким і товстим через це, для цього створення зазвичай використовують багатошарові заслонки, за якими ховається додатковий текст та ілюстрації. Такий спосіб розміщення інформації дозволяє розмістити більше тексту та ілюстрацій на меншій кількості сторінок.

1.2.7 Вітальні листівки

Поп-ап елементи використовують і для створення вітальних листівок. Об'ємні листівки мають нову, незвичну форму для користувача, викликають інтерес та привертають увагу, а перетворення звичного плоского зображення в об'ємну фігуру викликає позитивні емоції. Послугу створення об'ємних листівок на замовлення можна зустріти в деякій типографіях в Україні. Зазвичай використовуються встановлені шаблони, які досить просто змінити відповідно до замовлення. Арт-студії мають широкий асортимент листівок у різних техніках (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Об'ємні листівки

1.3 Постановка задач дослідження

На основі проведеного аналізу сфер застосування поп-ап виробів можна виділити певну групу продукції, для якої головним чинником наявності попиту є дотримання балансу між об'ємами представленої інформації та кількістю використаних поп-ап механізмів. До цієї групи можна віднести книжки для фанатів фільмів та мультфільмів, серіалів та комп'ютерних ігор, а також енциклопедичні видання.

Наявність великої кількості видів поп-ап механізмів, що відомі на сьогоднішній день та використовуються для передачі додаткової інформації у виданнях, створює проблему їх вибору для забезпечення доцільного використання та досягнення поставлених цілей. Наприклад, спливаючі конструкції використовуються переважно для створення атмосферності, підкреслення артистичності та цікавого способу подання інформації, що є переважно візуальною. А такі механізми, як слайдери, жалюзі та диски, крім додання інтерактивності і передачі руху зображених елементів, можна використовувати як додатковий простір для збільшення її кількості. При цьому вона знаходиться на тому ж місці на сторінці, тому можна сказати, що інформація подається в декілька рівнів.

На основі цього можна зробити наступне твердження: поп-ап вироби можна ефективно використовувати для передачі більшого обсягу інформації шляхом використання багаточарових елементів на одній сторінці. Паперові механізми можна використовувати для економії місця на сторінці, що полегшить сприйняття інформації читачем.

Аналіз та моделювання поп-ап виробів, оцінка доцільності їх використання в залежності від змісту та характеру інформації, яку необхідно передати є важливими кроками при розробці нових поп-ап виробів.

Метою дослідження є забезпечення максимальної ефективності передачі інформації в друкованому виданні.

Об'єктом дослідження є конструкція поп-ап виробів.

Предметом дослідження є історія розвитку і застосування поп-ап виробів, методи структурного аналізу теорії механізмів, основи теорії прийняття рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз типів конструкцій поп-ап виробів та сфер їх застосування;
- обґрунтувати метод експерименту, що буде використаний у дослідженні;
- змодельовати поп-ап конструкції для вирішення задачі експерименту;
- оцінити доцільність використання розроблених прототипів та визначити їх оптимальну конструкцію;
- провести аналіз результатів експерименту за отриманими даними.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПОП-АП ВИРОБІВ

2.1 Кінематичні принципи застосовані до простих паперових механізмів

Створення поп-ап конструкцій та розуміння можливостей донесення інформації, які вони створюють, очевидно, однаково важливі для проектування ефективною, добре прийнятою спливаючою книги. Незважаючи на те, що ці книги є художніми та естетично вишуканими, процес їх створення містить певні інженерні проблеми. Таким чином, паперові інженери, які працюють над макетуванням і створенням спливаючих книг, повинні дотримуватися схожого процесу проектування, що й інженери-механіки, які працюють над проектуванням і виготовленням інших ходових продуктів.

Книги поп-ап використовуються для створення унікальних захоплюючих рухів і кращої ілюстрації складних ідей, де їх можна точніше представити та зрозуміти у трьох вимірах. Ключовим елементом багатьох поп-ап механізмів є можливість згортатися. У спливаючих книгах механізм добре прихований усередині книги, коли вона закрита, але коли книгу відкривають, механізм приводиться у рух та розкривається, щоб заповнити простір над сторінкою або навіть вийти за межі сторінки. Прихований поп-ап механізм додає елемент несподіванки, щоб порадувати читача. Однак розробка механізмів для виконання завдання розгортання у тривимірному просторі може бути трудомістким процесом.

Модель псевдотвердого тіла (pseudo-rigid-body model – PRBM) [11] показує, що багато сумісних механізмів можна точно представити, моделюючи їх як механізми з жорсткими ланками та торсійними пружинами в їхніх поворотних з'єднаннях. Розташування з'єднань та постійних пружин залежить від механізму, що моделюється. Нещодавня робота компанії Dai і Cannella [12] ілюструє моделювання таких з'єднань у коробках. Використання

PRBM значно спрощує аналіз паперових механізмів, оскільки дозволяє аналізувати та використовувати традиційні кінематичні підходи.

У своїх дискусіях щодо моделювання поп-ап механізмів дослідники Лі [13] і Гласнер [14] показали, що для звичайного поп-ап механізму, який називається V-подібним згином, усі осі з'єднань перетинаються в одній точці. Це означає, що окремі ланки обертаються навколо цієї фіксованої точки. Дослідники Ласк і Хоуелл в своїх роботах [15, 16], визначаючи сферичні механізми, використовували ідентичні умови. Таким чином, теорія сферичного механізму може бути використана для опису багатьох поп-ап механізмів. Як підкреслив Балкком у своєму дослідженні [17], сферичну кінематику також можна використовувати для моделювання вершинних складок в орігамі, тому що вершинні складки являють собою загальний випадок V-подібних згинів, з відкритими ланцюжками та можливістю створювати велику кількість згинів.

Сферична кінематика, або, як її ще називають, кінематика сферичних механізмів, вважається загальною формою усіх кінематичних принципів. Плоска кінематика є її окремим випадком, коли осі суглобів перетинаються у нескінченності, що означає, що осі суглобів паралельні [15, 16]. Таким чином, теорія сферичного механізму охоплює теорію плоского механізму.

На рис. 2.1 показані загальні сферичні та плоскі кінематичні ланцюги; для кожного типу показані як повзун-шатун, так і чотириланковий зв'язок. Ланки для кожного механізму представлені тут у простій формі, але насправді будь-які два механізми з однаковим взаємним розташуванням осей з'єднань, припускаючи адекватну жорсткість ланки, є еквівалентними, незалежно від розміру та форми ланки. Багато дизайнерів поп-ап виробів використовують цей принцип у поєднанні з ефектами, які не впливають на кінематику, щоб приховати топології механізмів, які використовуються в їхніх проектах [18].

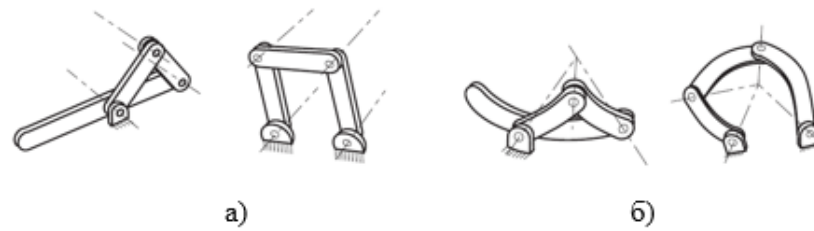


Рисунок 2.1 – Репрезентація топології механізмів: а) – плоска, б) – сферична

Механізми, які можуть переміщатися в просторі і не прив'язані до поверхні, називаються просторовими механізмами. Просторові механізми класифікуються за з'єднаннями, які використовуються для їх створення, тому що більша кількість доступних з'єднань забезпечує можливість використовувати багато різних механізмів з одним ступенем свободи для певної кількості ланок.

Не дивлячись на те, що деякі дослідники [4] відносять до поп-ап механізмів тільки ті конструкції, які являють собою «справжні спливаючі поп-ап» та класифікуються як розширення V-подібної складки, паралелограма або складки під кутом 45° , механізми інших видів, такі як паралельні складки, кутові складки, колеса та висувні вкладки, теж відносяться до поп-ап виробів [19].

У даному розділі поп-ап механізми розглядаються з точки зору кінематичних зв'язків. Зазвичай кінематично поп-ап репрезентується чотириланковим ланцюгом, оскільки це найпростіший замкнений механізм із одним ступенем свободи із шарнірами з одним ступенем свободи. Більшість поп-апів виробів можна класифікувати як комбінації сферичних та плоских чотириланкових механізмів.

Згин у паперовому механізмі еквівалентний «псевдошарніру» [20]. Іншими словами, згин виконує обертальний рух, подібний до традиційного поворотного шарніра, але має податливість і, як випливає з цього, певну жорсткість. Це робить використання PRBM зручним для моделювання паперових механізмів. Для простоти пояснення кінематики паперових механізмів надалі будуть використовуватись умовні позначення, наведені на рисунку 2.2.

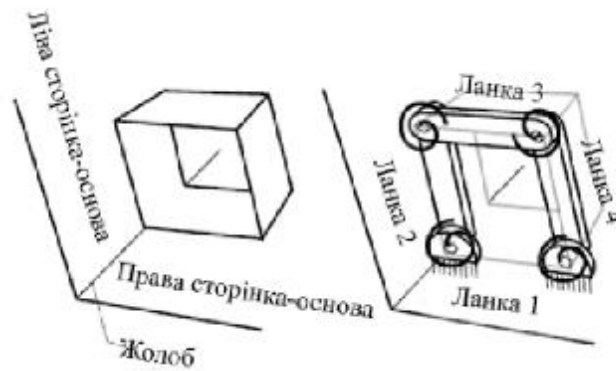


Рисунок 2.2 – Кінематична реперезентація простого поп-ап механізму

У цьому прикладі права сторінка-основа є основною ланкою 1, а ліва сторінка-основа містить ланку 2. Ланка 3 розташована між ланками 2 і 4, а ланка 4 розташована між ланками 3 і 1. З'єднання 1 – це жолоб, тобто центральний згин між сторінками-основами, з'єднання 2 знаходиться між ланками 2 і 3, з'єднання 3 – між ланками 3 і 4, а з'єднання 4 – між ланками 4 і 1. Положення 0° для цих механізмів – із закритою книгою, 90° – з перпендикулярними сторінками, а положення 180° – з повністю відкритою книгою. Положення механізму в даному випадку характеризується кутом між ланками 1 і 2 на сторінках-основах. Деякі механізми поп-ап не дозволяють книзі повністю відкритися на 180° . Чотириланкові механізми не відкриваються на 180° , коли

$$L_1 + L_2 = L_3 + L_4, \quad (2.1)$$

де L_i – довжина ланки i .

Багато поп-ап механізмів є такими, що плоско складаються. Даний термін пішов від оригамі, що означає здатність «бути стиснутим без зминання». Це стосується завершеного складеного положення конструкції оригамі. Література з оригамі не розглядає розгорнуті структури у цьому визначенні, тому що в більшості оригамі розгорнута позиція є плоским аркушем паперу, а конструкції оригамі не переміщуються між складеними та

розгорнутими положеннями, як це роблять поп-ап механізми. Для поп-ап конструкцій повинні розглядатися як складене положення (0°), так і розгорнуте положення (180°) у визначенні плоского складання, оскільки розгорнуте положення не обов'язково є плоским [18].

Для того, щоб чотириланковий механізм складався в положення 0° , ланки 2 і 3 повинні бути такої ж довжини, як і ланки 1 і 4 разом, тобто

$$L_1 + L_4 = L_2 + L_3. \quad (2.2)$$

Щоб чотириланковий механізм складався в положення 180° повинна виконуватися рівність

$$L_1 + L_2 = L_3 + L_4. \quad (2.3)$$

Для дельтоподібних чотириланкових механізмів повинні виконуватися наступні рівності

$$L_1 = L_2, \quad (2.4)$$

$$L_3 = L_4. \quad (2.5)$$

Для паралелограмних чотириланкових механізмів повинні виконуватися наступні рівності

$$L_1 = L_3, \quad (2.6)$$

$$L_2 = L_4. \quad (2.7)$$

Зазначимо, що рішення для L_2 у (2.2) і підставивши в (2.3) дає (2.6) і рішення для L_1 у (2.2) і підставивши в (2.3) дає (2.7). Таким чином,

паралелограмний чотириланковий механізм завжди буде плоско складатися як під кутом 0° , так і під кутом 180° .

Прості паперові механізми можна класифікувати як цільні або багат шарові.

2.1.1 Прості паперові механізми

Цільні механізми можуть бути виготовлені із використанням одного аркуша паперу, але все одно потребують збірки. Оскільки подібні конструкції не вимагають склеювання чи іншого збирання, цільні механізми часто набагато легше виготовити, ніж багат шарові механізми подібної складності. Цільні механізми за визначенням є «ортопланарними механізмами», що означає, що їх можна виготовляти в площині з рухом поза площиною.

Цільні механізми складаються під кутом 180° , але не можуть складатися під кутом 0° . Конструкції, які плоско складаються у два положення, відповідають рівнянням (2.2) і (2.3). Для таких поп-ап механізмів найбільш «вискакуюча» позиція знаходиться під кутом 90° , тому їх часто називають 90-градусними структурами. Вони популярні у створенні вітальних об'ємних листівок.

Багат шарові механізми не обмежуються одним аркушем паперу, а потребують збірки. Багат шарові механізми складаються з одного або кількох паперових механізмів, прикріплених до сторінок-основи. Використання декількох шарів відкриває можливості створення багатьох нових типів з'єднань і механізмів, а отже, збільшення кількості складних рухів. Наприклад, у той час як цільні механізми при розгортанні сторінки на 180° знов стають плоскими, конструкції, виконані у багат шаровій техніці, стають тривимірними при розгортанні сторінки під кутом 180° . Щоб чотириланковий механізм відкрився на 180° , він повинен слідувати рівності (2.1)

Хоча існує багато складних прикладів багат шарових механізмів, більшість з них є комбінаціями V-подібних згинів, наметів та арок.

2.1.2 З'єднання

Природа паперу дозволяє вільно вибирати більше, ніж один тип з'єднання для певного руху. Багато звичайних з'єднань, які використовуються у поп-ап книгах, можна віднести до одного з кількох типів. З'єднання з одним ступенем свободи включають згини, прорізи, що з'єднуються, вигини, шарніри та слайдери. Ці з'єднання можуть передавати поступовий або обертальний рух.

Згин – це найпоширеніший тип з'єднання, що використовується для виготовлення поп-ап механізмів. Згин створюється за допомогою надрізів, вигинання паперу. Папір з обох боків з'єднання демонструє набагато більшу жорсткість, ніж саме з'єднання, і обертається навколо осі згину. Таким чином, згин діє як еквівалентне поворотне з'єднання між двома ланками. Він моделюється за допомогою поворотного з'єднання та торсійної пружини в центрі згину (рис. 2.3). У багатьох випадках момент, створюваний з'єднанням, настільки малий, що пружину кручення можна знехтувати.

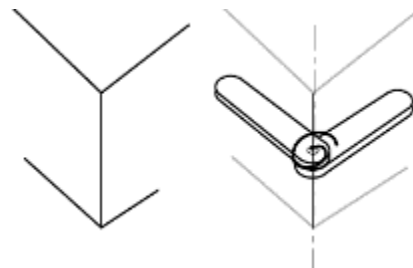


Рисунок 2.3 – Кінематична репрезентація згину

З'єднувальні пази – це поворотні з'єднання, виготовлені з окремих шматків паперу. У кожній частині вирізані прорізи, які прилягають один до одного, щоб обмежити відносний рух. З'єднувальні пази – це з'єднання з жорсткими ланками. Основні переваги з'єднувальних пазів здебільшого пов'язані з тим, що для них не потрібен один безперервний аркуш паперу, а сам папір не зминається і служитиме довше. Їх використання створює

можливість проектувати більш складні механізми. Кінематичну репрезентацію даного з'єднання показано на рисунку 2.4.

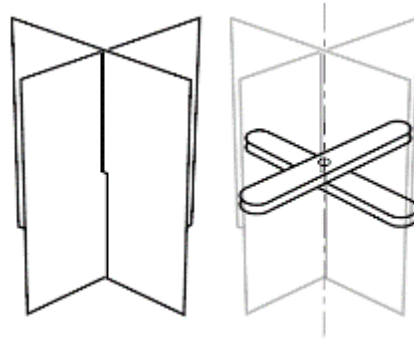


Рисунок 2.4 – Кінематична репрезентація з'єднувального пазу

Вигин визначається як незім'ята частина паперу, яка не залишається плоскою, виявляє кривизну під час руху механізму. Вигини можна моделювати за допомогою поворотних з'єднань і пружин кручення. Вигин показаний на рисунку 10 у вигляді PRBM. Для показаного механізму PRBM розміщує обертовий шарнір і пружину в центрі відхиленої частини.



Рисунок 2.5 – Кінематична репрезентація вигину

Точка опору визначається як обертовий шарнір зі здатністю обертатися більше ніж на 360° , вісь обертання якого перпендикулярна площині кріплення (рис. 2.6). Шарнірні з'єднання були одними з перших типів з'єднань, що почали використовуватись у рухомих книгах, і досі знаходять широке застосування - їх найчастіше використовують для волвелів, або обертових дисків. Незважаючи на те, що вони обмежують рух обертанням у площині, існує можливість об'єднати їх у механізми, що демонструють рух поза площиною сторінки. Точки опору можна зробити за допомогою креативного поєднання кількох паперових шарів або за допомогою непаперових кріплень.

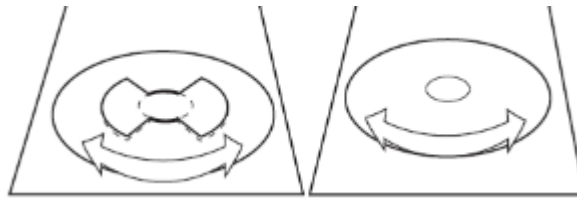


Рисунок 2.6 – Кінематична репрезентація точки опору

Слайдер дозволяє реалізувати з'єднання для ковзного руху, його впровадження забезпечує більший діапазон руху та надає багато унікальних можливостей його використання. Хоча рух ковзного з'єднання часто відбувається в межах площини сторінки, його можна використати для створення позаплощинного руху, зв'язавши його зі спливаючим поп-ап механізмом. Кінематично слайдер представляється повзунком (рис. 2.7).

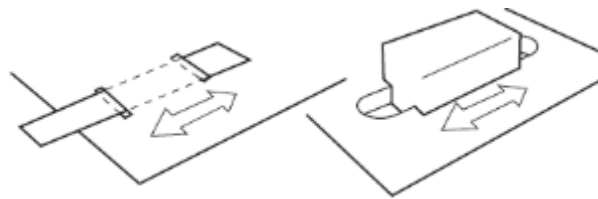


Рисунок 2.7 – Кінематична репрезентація слайдеру

2.1.3 Плоскі механізми

Як зазначалося раніше, плоский механізм має паралельні осі шарнірів. Для простих поп-ап конструкцій осі з'єднань також паралельні осі жолоба. З цих причин Картер і Діаз [19] називають ці механізми паралельними згинами. Найпоширенішими плоскими поп-ап механізмами є механізми з двома прорізами, намети, дуги. Плоскі механізми з двома прорізами є цільними механізмами (рис. 2.8), тоді як намети та дуги вимагають багатошарових технологій (рис. 2.9).

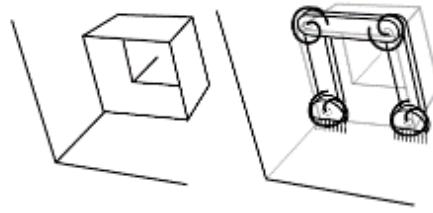


Рисунок 2.8 – Кінематична репрезентація механізму з двома прорізами



Рисунок 2.9 – Кінематична репрезентація намету

2.1.4 Сферичні механізми

Прості поп-ап конструкції, які використовують сферичні механізми, мають спільні осі, які перетинаються в одній точці жолоба. Картер і Діаз [19] називають ці механізми кутовими згинами. Найпоширенішими сферичними поп-ап механізмами є механізми з одним прорізом та V-подібні згини.

Поп-ап з одним чи двома прорізами являють собою сферичні чотириланкові механізми, виготовлені суцільною технікою. Конструкції з одним прорізом вимагають, щоб один безперервний проріз був зроблений поперек жолоба разом із трьома згинами, що перетинають жолоб в одній точці. Як і у випадку з двопрорізними конструкціями, зріз для однопрорізного механізму необов'язково повинен бути прямим (рис. 2.10). Сферичні механізми з двома прорізами мають два розрізи поперек жолоба і три згини, осі яких точково перетинають жолоб.

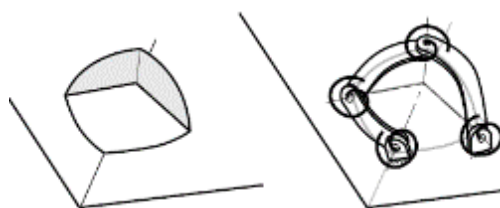


Рисунок 2.10 – Кінематична репрезентація механізму з одним прорізом

V-подібний згин – це сферичний чотириланковий механізм, створений у багатошаровій техніці. Незважаючи на схожість до механізму з одним прорізом, V-подібний згин з'єднаний із сторінками-основами за допомогою додаткового шматку паперу. Він має згин, вісь якого перетинає вісь жолоба. Цей механізм має багато застосувань і варіацій у дизайні поп-ап. На рис. 2.11 показано приклад V-подібного згину. Зауважимо, що форма ланки не впливає на кінематику механізму, доки взаємне розташування з'єднань однакове. Таким чином, хоча PRBM, показаний на рис. 2.11, не повторює форму зв'язку паперу, обидва представлення мають еквівалентний рух. Використання традиційного представлення сферичного механізму підкреслює характеристики сферичного руху V-подібної форми [18].

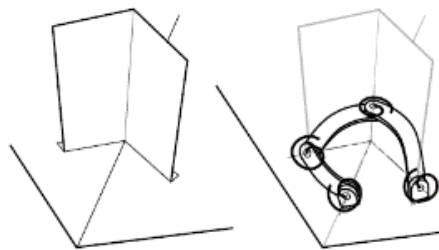


Рисунок 2.11 – Кінематична репрезентація V-подібного згину

2.1.5 Складні механізми

Паперовий інженер Д. Бірмінгем [4] стверджує, що прості спливаючі механізми можна комбінувати для створення більш складних пристроїв. Існує багато способів комбінування механізмів, але визначимо дві категорії: послідовні та паралельні комбінації. Механізм, що безпосередньо пов'язаний із основним способом приведення в дію (механізм поєднаний з жолобом, із висувним язиком тощо), називається первинним механізмом, а інші механізми, які існують на сторінці – називаються вторинними [18].

Механізми, поєднані паралельно, мають ланку, прикріплену до основи. Таким чином, якщо один або кілька шарнірів вторинного механізму прикріплені до сторінки-основи, первинний і вторинний механізми працюють

паралельно. Цей принцип зазвичай використовується в поп-ап книгах, де згин між ланкою та основою стає жолобом для іншого механізму. Це дозволяє вторинному механізму приводитися в дію разом з основним механізмом. Приклад комбінації паралельних механізмів, що називається плаваючим шаром, показаний на рис. 2.12.

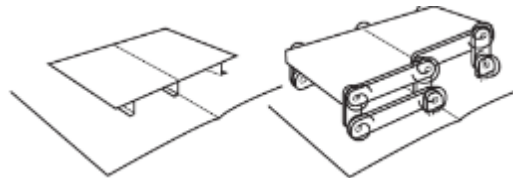


Рисунок 2.12 – Кінематична репрезентація конструкції «плаваючий шар»

Послідовно об'єднані механізми не мають спільного кріплення до основи, і, як правило, вторинний механізм не має стаціонарних ланок. Приклади серійних механізмів включають геометричні форми та згини під кутом 45° . Вони показані на рис. 2.13 і 2.14.

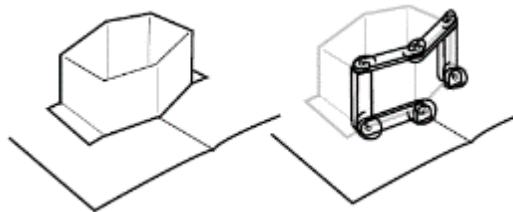


Рисунок 2.13 – Кінематична репрезентація серійного механізму

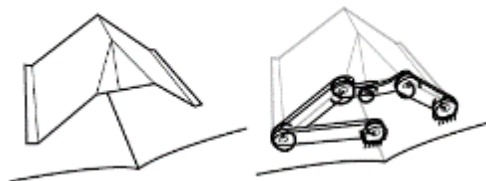


Рисунок 2.14 – Кінематична репрезентація серійного механізму

У багатьох випадках поєднання простих механізмів для створення більш складних топологій створює просторові механізми. Деякі способи створення

просторового механізму полягають у поєднанні сферичного і плоского механізму, поєднанні двох плоских механізмів з рухом у різних площинах і поєднанні двох сферичних механізмів, осі з'єднань яких перетинаються в різних точках. Варто зазначити, що механізми на рис. 2.13 і 2.14 – просторові механізми.

Багато складних механізмів поєднують цільну та багатошарову техніку. Виготовлення з одного аркуша зазвичай використовується для вторинних механізмів, в той час як багатошарові механізми є первинними. Це пояснюється тим, що, коли сторінки-основи повністю відкриті, багатошарові механізми можуть створювати положення під кутом 90° , що сприятливі для цільних конструкцій. Використовувана техніка не впливає на класифікацію поп-ап механізму, оскільки важлива поведінка механізму. Окрім використання багатьох способів комбінування механізмів, можна зробити конструкції, які виглядають більш складними, змінюючи форми ланок. Таким чином, ланки можуть бути вигнутими, частково обрізаними, витягнутими за межі з'єднань тощо, щоб відповідати формі елемента, представленого поп-ап механізмом. Це один із найпоширеніших способів створення складності у поп-ап виробках і забезпечення більш реалістичного представлення об'єктів.

2.2 Особливості використання паперових механізмів

Дослідження поп-ап механізмів з кінематичної точки зору є важливим етапом при розробці нових виробів. Не менш важливим аспектом при розробці нового є аналіз аналогів.

Різноманіття виготовлення і представлення поп-ап конструкцій і механізмів обумовлює важкість пошуку конкретного виду механізму, його універсальних схем виготовлення. Основними джерелами досліджень на тему використання поп-ап конструкцій є книги-інструкції, що містять схеми різних конструкцій, згинів і простих механізмів [4, 5, 8]. Так, у виданні «Pop-Up! A Manual of Paper Mechanisms. Tarquin Publication» розробленому паперовим

інженером Д. Бірмінгемом [4] автор наводить своє власне бачення і досвід роботи в техніці поп-ап, що відрізняється від інших робіт у цій сфері. У різних джерелах можна спостерігати деяку відмінність у термінах, основних конструкціях. Тому проблемою класифікації поп-ап виробів займалися такі дослідниці як Осипова Т. Г., Пшенична М. В. [21], М. Сerrано Санчес [6].

Для створення і розробки нових успішних і якісних видань важливо аналізувати існуючі паперові механізми з різних сторін. Різноманіття використовуваних конструкцій та широкий спектр застосування поп-ап виробів дозволяє виділити різні цілі застосування тих чи інших конструкцій. Розглянемо основні механізми, що застосовуються в поп-ап виробках і мету їх застосування.

2.2.1 Заслонка

Заслонка представляє собою аркуш паперу, який покриває ілюстрацію, текст або рухому фігуру, та прикріплений крайньою стороною до основної сторінки. Його можна підняти вручну або за допомогою висувного язичка.

Даний елемент поп-ап механізму має дуже просту форму, не потребує додаткових маніпуляцій у вигляді згину чи з'єднання деталей, тому є дуже простим у виготовленні. Його використовують для передачі багаточислової інформації (рис. 2.15, а), або представлення додаткової інформації (рис. 2.15, б, в). Для передачі артистичного моменту і представлення інформації в більш цікавій формі елемент розташований на зовнішньому боці заслонки і продовжує елемент, надрукований на основі сторінки (рис. 2.15, а).



Рисунок 2.15 – Приклади використання заслонок

2.2.2 Колесо (диск)

Колесо як механізм представлений паперовим диском, що прикріплений до основної сторінки по центру або кругом паперу, або заклепкою (штифтом петлі). На основній сторінці можуть бути вирізані штампи, які дозволяють зображенням проглядати крізь отвори під час обертання колеса. Його можна використовувати для активації іншого пристрою або комбінувати колеса різного розміру, пов'язуючи намальований або написаний вміст на них.

Конструктивно колесо має дві деталі: диск та заклепку. Інтеграція цього поп-апу у виріб потребує прорізів для з'єднання деталей зі сторінкою. Маленький розмір заклепки також ускладнює роботу.

Даний механізм широко використовується для створення елементів, що мають обертальний рух (рис. 2.16, а, б). Таким чином поп-ап повторює механіку реального об'єкту життя, що дозволяє представити інформацію про об'єкт більш повно, залучити читача.

Використання отворів, де буде відображатися інформація, дозволяє зменшити кількість представленої інформації на одиницю простору. Таким чином читач може сконцентруватися на тому, що його цікавить, краще сприйняти потрібну інформацію. Таке використання зручне при роботі з таблицями та комбінаціями елементів (рис. 2.16, в).



Рисунок 2.16 – Приклади використання дисків

2.2.3 Слайдер

Механізм слайдеру зазвичай представлений смужкою паперу (або вирізаним елементом ілюстрації), яка переміщує фігуру ілюстрації, коли її тягнуть або штовхають у заданому напрямку, прокручуючи її сторінкою або піднімаючи її в тривимірному просторі. Слайдер може активувати кілька рухів на зображенні, використовуючи складну систему з'єднань. Слайдер також може бути представлений висувним язичком.

Конструктивно слайдер складається з двох деталей: слайдеру та рукава (sleeve). Рукав кріпиться на зворотній бік сторінки, щоб слайдер не змінював положення при експлуатації поп-ап виробу.

Основною метою використання слайдеру є показ інформації, якої не було раніше. Для більшого залучення читача слайдер використовують для створення певної сцени і ситуації у представленій історії. Наприклад, тягнучи слайдер із-за умовного пагорбу з'являється карета, що відповідає логіці роботи в реальному житті (рис. 2.17, а). Використання декількох слайдерів може забезпечити представлення інформації у декілька рівнів, та надати можливість створювати різні комбінації елементів (рис. 2.17, б).



а)

б)

Рисунок 2.17 – Приклади використання слайдеру

2.2.4 Жалюзі

Механізм жалюзі представлений двома розрізаними ілюстраціями, що розташовані на паперових смугах однакового розміру, які накладаються одна

на одну, так, що під час їх переміщення планки на нижньому малюнку ковзають по іншому, розчиняючи зображення, яке бачив користувач, у нове.

Конструктивно та кінематично жалюзі подібні до слайдеру. Прорізи робляться і на сторінці, і на додатковій деталі; кожний проріз з'єднується з прорізом на деталі. Тому даний механізм може бути складним у виготовленні.

Завданням механізму є відтворення нової інформації на тому ж місці сторінки. На відміну від слайдерів та заслонок, при використанні даного механізму зображення змінюється частинами, поступово. Такий процес дає змогу додати більше інтерактивності у видання, передати відчуття зміни (рис. 2.18, а). Також при самому русі можуть виникати нові ефекти, що підвищують інтерес читача (рис. 2.18, б).



Рисунок 2.18 – Приклади використання жалюзі

2.2.5 Тунельна книга

Тунельна книга являє собою складне багатошарове зображення, яке, розгортаючись гармошкою, утворює тривимірну сцену великої глибини.

Для виготовлення подібного поп-ап механізму необхідно багато деталей, для створення самої конструкції «акордеону» та заповнення шарів. На рівнях утвореної сцени часто використовують фігурні вирізи різних розмірів, щоб при перегляді спереду конструкції було видно різну інформацію.

Даний механізм використовується у специфічних ситуаціях, коли треба передати сцену з великою кількістю рівнів. В основному даний поп-ап виріб має за мету артистичну передачу інформації, наближення сцени до відповідності реальному життю, щоб занурити читача у книгу (рис. 2.19).



Рисунок 2.19– Приклад використання тунельної книги

2.2.6 Додаткові розвороти

Додаткові розвороти утворюються шляхом додавання до сторінки розкладного аркуша, який розгортається у більший розмір. Для приєднання до сторінки аркуш потребує лише фальцювання та приклейки, тому цей вид механізму дуже простий у виготовленні. Плоска структура у згорнутому і розгорнутому вигляді не додає зайвого об'єму книзі, що важливо при виборі поп-ап елементів при розробці інтерактивного видання. Додаткові розвороти використовують для подання більшої кількості інформації, коли описуваний об'єкт занадто великий для розміщення на сторінці (рис. 2.20).



Рисунок 2.20 – Приклади використання додаткових розворотів

2.2.7 Самозведені моделі

До самозведених моделей відносяться певні малюнки або ілюстрації, що автоматично піднімаються над рівнем сторінки у тривимірному просторі під час активації механізму шляхом відкриття сторінки, підйому клапана або активації висувного язичка.

Даний тип механізмів об'єднує в собі декілька технік виконання поп-ап. Так, об'ємність конструкції може досягатися за рахунок прорізей у сторінці і правильного згину її частин. Елементи повністю відобразатимуться, коли сторінка відкриватиметься на 90° (рис. 2.21, а).

Використання приклеєних елементів дає змогу розширити конфігурації поп-ап конструкцій. Найпоширеніша V-складка – аркуш паперу, складений на дві половини, прикріплений до сторінки під кутом, що утворює «V» з вершиною на корінці книги (рис. 2.21, б). В сучасних поп-ап виробках використовують багато деталей з різними конфігураціями та схемами згину. Комбінація даних елементів дає змогу створювати складні конструкції (рис. 2.21, в). Виготовлення та проектування таких механізмів потребує розвиненого просторового мислення.



Рисунок 2.21 – Приклади використання самозведених моделей

Такі конструкції зазвичай є центральним фокусом поп-ап виробу. Їх метою є імітація реально існуючих об'єктів, а увага приділяється саме руху при відкриванні книги, досягненню артистичності, незвичного представлення інформації. В роботах паперового інженера М. Райнхарта можна побачити цікавий приклад використання зведеної конструкції для відображення дворівневої інформації. В першому випадку другий рівень інформації представляє собою сцену, яку можна побачити «зазирнувши у голову» персонажу, що відтворює сцену фільму (рис. 2.22, а.). У другому прикладі, при відкриванні книги читач бачить лице персонажа, що скрито за шоломом (рис. 2.22, б). Однак ця інформація

доступна лише при неповному відкритті книги, що ускладнює доступ для неї. Це не є критичним, бо основною метою представлення двошарової інформації тут є наближення до реальних об'єктів та передача досвіду читачеві.



а)

б)

Рисунок 2.22 – Використання самозведеної конструкції для представлення багаторівневої інформації

2.2.8 Геометричні форми

До геометричних форм відносяться форми куба, коробки, циліндра, намету, корабля, конуса, піраміди та «рота», що розташовані паралельно або під кутом до центру книги, та піднімаються вгору при відкритті сторінки.

Дані конструкції використовують схеми складання геометричних форм. Вони використовуються, коли необхідно передати об'єкт наближений до реального, що має схожу форму. Наприклад піраміду, шафу чи скриню (рис. 2.23).



Рисунок 2.23 – Приклади використання геометричних форм

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Планування експерименту і обґрунтування методу дослідження

В даній роботі проведено експеримент з визначення оптимальної конструкції для вирішення завдання ефективної економії місця на сторінці. Рішення цієї задачі можна звести до вибору альтернативи, тому ефективним методом дослідження є метод експертних оцінок.

Методи експертних оцінок є частиною великої області теорії прийняття рішень, де власне оцінювання зводиться до процедури отримання оцінки проблеми на основі думки експертів з метою подальшого прийняття рішення.

Метод експертних оцінок реалізується шляхом обробки висновків фахівців у неформалізованих проблемних ситуаціях, коли відсутність достатнього масиву інформації або її недостовірність не допускає використання формальних математичних методів у чистому вигляді. Процедури методу експертних оцінок засновані на використанні особи для отримання кількісної оцінки якісних суджень, які неможливо безпосередньо виміряти [22].

Експерти проводять інтуїтивно-логічний аналіз досліджуваної ситуації з кількісними або порядковими оцінками процесів чи явищ, після чого виконується формальна обробка результатів.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) належить до міждисциплінарного розділу науки, і є найпопулярнішим підходом до вирішення багатокритеріальних задач. Дана методологія відповідає природному ходу людського мислення. Це пояснюється тим, що багато реальних проблем можна представити у вигляді ієрархічної структури, мети та підпорядкованих варіантів рішень (альтернатив). Крім того, МАІ використовує матриці парних порівнянь, побудова яких не є складною задачею для експертів [23].

Можна виділити наступні основні етапи у застосуванні МАІ:

- постановка проблеми та її представлення у вигляді деякої ієрархії (альтернативи вирішення проблеми, критерії оцінки, тощо);
- збір вхідної інформації та її попередня оцінка шляхом реалізації процедур попарного порівняння елементів кожного рівня даної ієрархії;
- обробка результатів порівняння елементів ієрархії: тут, в першу чергу, необхідно оцінити узгодженість (несуперечність) інформації, отриманої на другому етапі, а також вагомість альтернатив вирішення поставленої проблеми.

Реалізувавши вказані вище етапи методу аналізу ієрархій та використовуючи математичне підґрунтя, можна отримати кількісні результати вагомості кожного із елементів заданого завдання.

Метод аналізу перетворює порівняння, які часто є емпіричними, у числові значення, які потім обробляються та порівнюються. Вага кожного фактору дозволяє оцінити кожен з елементів у межах певної ієрархії. Ця здатність перетворювати емпіричні дані в математичні моделі є головним відмінним внеском МАІ порівняно з іншими методами порівняння

Після проведення всіх порівнянь та визначення відносної ваги між кожним з критеріїв, що підлягають оцінці, обчислюється числова ймовірність кожної альтернативи. Результатом є вектор рангів альтернатив, що дозволить не тільки виділити кращу, а й встановити, які з інших мають потенціал.

3.2 Підготовка до експерименту

Як зазначалося в попередніх розділах, проблема подання додаткової інформації та економії місця на сторінці виникає у виданнях навчального, енциклопедичного характеру. В рамках експерименту розглядаються видання пригодницько-енциклопедичного напрямку, книжки, створені на основі фільмів, серіалів, тощо. Подібні книжки характеризуються великою кількістю текстової інформації, мають в собі декілька поп-ап механізмів та двошарові сторінки видання. Завдання зменшення площі, яку займає інформація на

сторінці, є доцільним в даному випадку. Його вирішення дозволяє зменшити об'єм видання, його товщину, та вплинути на зручність використання та зберігання користувачами.

У якості інформації для представлення обрано опис сумісності знаків зодіаку. Розмір видання становить 300×300 мм. Представити астрологічну інформацію можна у вигляді таблиці розмірністю 12×12, де у заголовках рядків і стовпців помістимо назви знаків зодіаку, а опис їх сумісності – на місці їх перетину. Опис складається з короткого речення чи декількох слів. Таке завдання породжує 144 одиниці інформації, що потрібно представити користувачу. При цьому кожна одиниця має різний зміст. Враховуючи тематику і цільову аудиторію видання, текст представимо кеглем 14 пт. Припустимо, що в комірці таблиці можна розмістити 40 символів у два рядки, тому розмір комірки буде становити 16×40 мм. Таким чином, розмір усієї інформації, що треба представити користувачу, становить 192×480 мм.

Для експерименту за одиницю інформації вважатимемо стовпець таблиці. Тож в даному експерименті повне представлення інформації складає 12 умовних одиниць. В моделях варіантів представлення інформації розглядається скільки інформації і в який спосіб можна представити на одній сторінці. Кількість інформації ми розглядаємо відповідно того, скільки площі на сторінці займає одиниця інформації.

На основі вхідних даних завдання було розроблено 8 альтернатив із використанням різних типів поп-ап механізмів з різними параметрами. На рис. 3.1 показані умовні позначення, що використані в схемах розроблених прототипів.

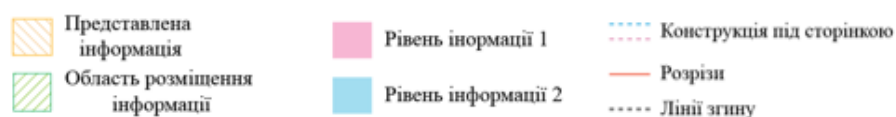


Рисунок 3.1 – Умовні позначки на представлених схемах

Варіант сторінки без використання поп-ап елементів є важливим у експерименті, адже відносно нього проводиться порівняння інших механізмів.

На сторінці вдалося розмістити 6 одиниць інформації. Хоча інформація займає 60% сторінки, враховуючи місце, відведене під поля аркуша, розмістити іншу інформацію стає неможливо (рис. 3.2).

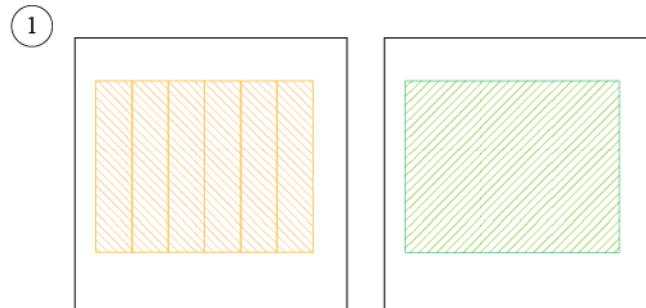


Рисунок 3.2 – Подання інформації без поп-ап

Використання додаткового розвороту дозволило зменшити займану площу на сторінці до 22%. Додатковий розворот не обмежений розміром сторінки, що дає змогу розмістити всю надану інформацію (рис. 3.3.)

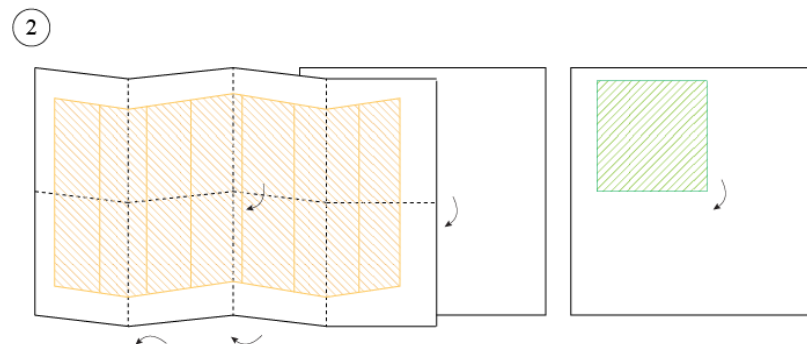


Рисунок 3.3 – Використання додаткового розвороту

Заслонка (рис. 3.4) дозволяє розмістити інформацію у два рівні. У даному варіанті прототипу використана одна заслонка великого розміру, що дозволяє розмістити 10 умовних одиниць інформації. Конструкція займає 45% площі сторінки, що надає достатньо місця для розміщення іншої інформації.

Для багат шарової заслонки (рис. 3.5) використано 4 шари, займану площу зменшено до 18%. Розроблена конструкція дозволила розмістити 4

умовні одиниці інформації, але показує потенціал можливості використання багатошарової заслонки.

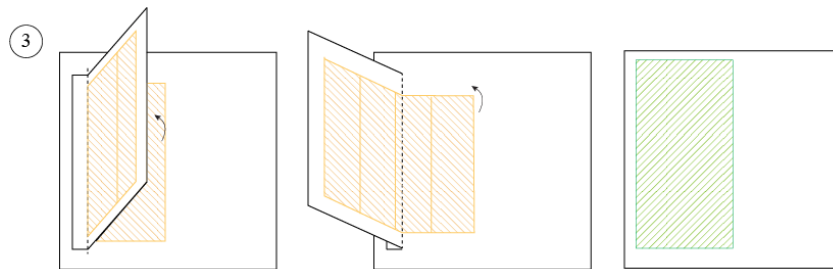


Рисунок 3.4 – Використання заслонки

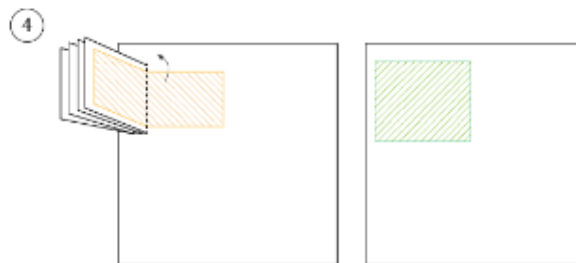


Рисунок 3.5 – Використання багатошарової заслонки

При розробці механізму із використанням слайдера варто враховувати його розмір і положення як на сторінці, так і під нею. Розроблений прототип (рис. 3.6) передає інформацію у два рівні, дозволяючи розмістити 6 одиниць умовної інформації. Займана площа на сторінці становить 25%.

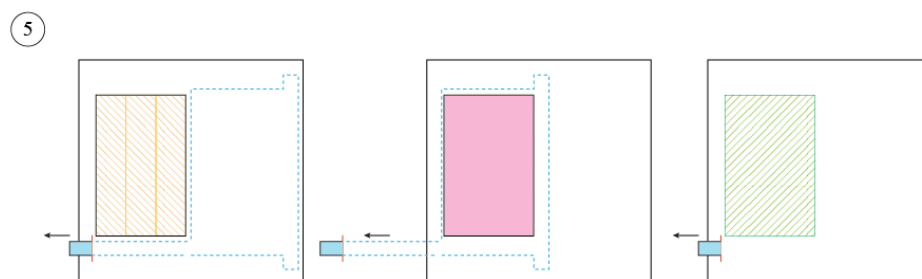


Рисунок 3.6 – Використання слайдера

Подібно до слайдера, при використанні механізму жалюзі треба враховувати місце, яке займатиме конструкція при русі. Розроблений механізм

із жалюзі (рис. 3.7) дозволяє подати інформацію в два рівні, займана площа на сторінці становить 25%, розміщено 6 одиниць умовної інформації.

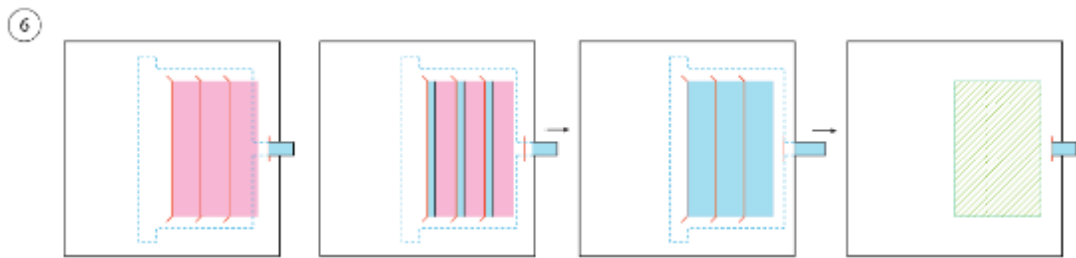


Рисунок 3.7 – Використання жалюзі

Використання диску (рис. 3.8) дозволило зменшити площу на сторінці до 9%, адже при перегляді таблиці можна навести декілька комірок. Дана конструкція розміщує 4 одиниці умовної інформації.

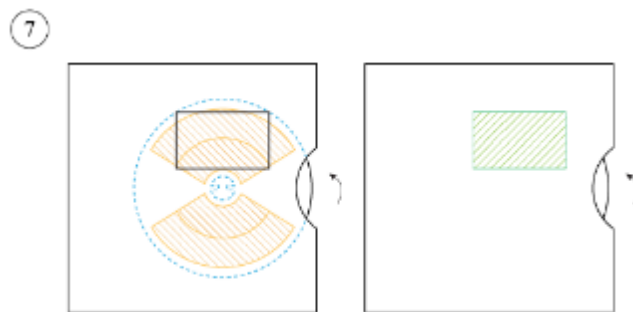


Рисунок 3.8 – Використання диску

Використання двох дисків (рис. 3.9) дозволило розмістити інформацію в три рівні і таким чином збільшити її обсяг до 6 одиниць. Багаторівневність реалізується за рахунок прорізів у дисках. Площа, займана на сторінці становить 10%.

Таким чином розроблені конструкції мають різну конфігурацію, використовують різні паперові механізми, що застосовуються у поп-ап виробках, дозволяють розмістити різну кількість інформації, займаючи різну кількість площі на сторінці. Характеристики розроблених прототипів наведені на рисунку 3.10.

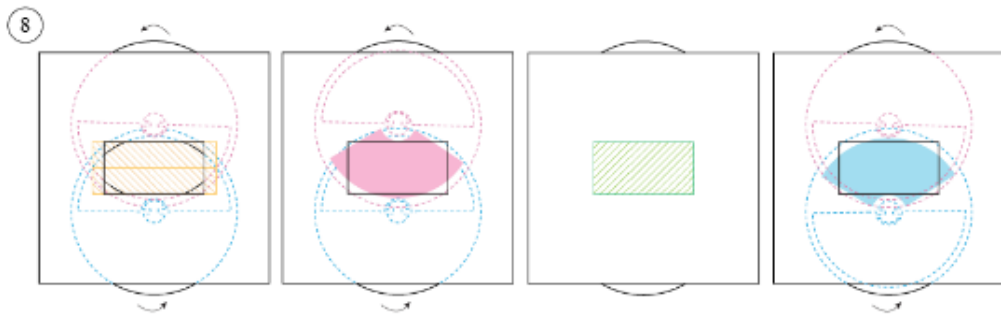


Рисунок 3.9 – Використання двох дисків

Конструкція	Кількість рівнів інформації	Кількість одиниць інформації	Кількість одиниць інформації, розміщених в одній конструкції	Кількість зайнятого місця на сторінці	Кількість конструкцій	Кількість додаткових деталей для виготовлення
1 Без поп-ап	1	6	0	60%	0	0
2 Додатковий розворот	1	12	12	22%	1	1
3 Заслонка	2	10	10	45%	1	1
4 Багатошарова заслонка	4	4	1	18%	4	4
5 Слайдер	2	6	3	25%	1	2
6 Жалюзі	2	6	3	25%	1	2
7 Диск	1	4	4	9%	1	2
8 Два диски	3	6	2	10%	2	4

Рисунок 3.10 – Характеристики представлених альтернатив

3.3 Оцінка МАІ

Ієрархічна структура моделі розглянутої в експерименті проблеми наведена на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Ієрархічна структура проблеми

Для оцінки розроблених конструкцій було обрано наступні критерії оцінки:

– зручність користування;

- задоволення від використання;
- швидкість пошуку інформації;
- складність виготовлення;
- займана площа на сторінці;
- кількість одиниць розміщеної інформації.

Зручність користування є важливим критерієм оцінки будь-якої продукції.

Задоволення від використання є переважним критерієм оцінки при виборі поп-ап виробу. Дане поняття є суб'єктивним, але сильно впливає на вибір користувачів при покупці кінцевого продукту.

Швидкість пошуку інформації в даному експерименті варто враховувати, адже подібні задачі розміщення великих об'ємів інформації та таблиць можуть виникнути при розробці нових виробів.

Складність виготовлення конструкцій та механізмів є важливим критерієм оцінки. Виготовлення різних поп-ап конструкцій потребує додаткових операцій при зборці, наприклад приклейки деталей. Чим легше виготовити певний поп-ап елемент, тим краще, адже це дозволить в перспективі налагодити та спростити потік виробництва.

Займана площа на сторінці конструкцією та кількість одиниць розміщеної інформації є першочерговими у даному аналізі, адже на це спрямована задача проведеного експерименту.

Перший крок процедури МАІ полягає у попарному порівнянні аналогів за кожним встановленим критерієм. Матриця парного порівняння заповнюється відповідно до стандартної шкали порівняння: 1 – однакова перевага, 3 – помірна перевага, 5 – явна перевага, 7 – очевидна перевага, 9 – абсолютна перевага. Також можна присвоювати значення рейтингу 2, 4, 6 і 8, які визначаються як середнє від найближчих рейтингів.

Вказаний в рядку аналог порівнюється з аналогом, зазначеним в стовпці. Якщо вказана в рядку альтернатива краще, то відповідне число від 1 до 9 записується в комірку на перетині рядка і стовпця. Якщо ж краще аналог,

зазначений в стовпці, то 1 ділиться на відповідне число від 1 до 9, і результат записується в комірку на перетині рядка і стовпця. При порівнянні аналога з самим з собою перевага однакова, тому усі діагональні комірки мають значення 1.

Після виконання всіх попарних порівнянь необхідно провести нормалізацію матриці шляхом підсумовування чисел в кожному стовпці і подальшого поділу кожного елемента стовпця на отриману для даного стовпця суму. Наступний крок полягає в обчисленні балів для кожного аналогу за критерієм. За цим значенням можна визначити яка альтернатива є пріоритетною за даним критерієм.

Завершивши нормалізацію матриці, необхідно обчислити коефіцієнт узгодженості і перевірити його значення. Мета цієї операції полягає в тому, щоб переконатися в узгодженості завдання переваг у вихідній таблиці.

Обчислення коефіцієнта узгодженості складається з наступних етапів:

- обчислення міри узгодженості для кожної альтернативи;
- визначення індексу узгодженості ІУ;
- обчислення коефіцієнту узгодженості.

Обчислення міри узгодженості було реалізовано за допомогою функції множення матриць Excel МУМНОЖ. В ідеальному випадку заходи узгодженості повинні бути рівні кількості можливих альтернативних рішень (в нашому випадку 8 рішень). Міра узгодженості коливається від 8 до 9, що є гарним результатом.

Індекс узгодженості обчислюється за формулою:

$$IU = \frac{MI_{cp} - n}{n - 1}, \quad (3.1)$$

де MI_{cp} – середня міра узгодженості,

n – кількість альтернатив.

Останнім етапом є визначення коефіцієнта узгодженості, що розраховується за формулою:

$$KY = \frac{IY}{IP}, \quad (3.2)$$

де IP – індекс рандомізації.

Значення індексу рандомізації IP для різних значень n обчислюються в методі МАІ спеціальним чином і наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Індеси рандомізації

n	Індекс рандомізації
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,51

Значення індексу рандомізації IP в нашому випадку дорівнює 1,41, так як кількість альтернатив $n = 8$. Результат розрахунку коефіцієнту узгодженості для критеріїв представлено на рис. 3.2-3.7. Коефіцієнт узгодженості не повинен бути більше 0,10 за оцінкою Сааті. У всіх випадках значення коефіцієнта узгодженості лежать в межах від 0,011 до 0,067. Це означає, що виконавець був достатньо послідовним у своїх оцінках. Результати розрахунків для всіх критеріїв показані на рисунках 3.12-3.17.

На другому етапі здійснюються аналогічні попарні порівняння для визначення ваг критеріїв. Процес аналогічний попередньому в тому, що знову виконують порівняння, однак між собою порівнюють не альтернативи, а критерії (рис. 3.18).

Зручність користування										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошарова заслонка	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	9,00	3,00	4,00	5,00	7,00	6,00	8,00		
Дод. Розворот	0,11	1,00	0,14	0,17	0,20	0,33	0,25	0,50		
Заслонка	0,33	7,00	1,00	2,00	3,00	5,00	4,00	6,00		
Багатошарова заслонка	0,25	6,00	0,50	1,00	2,00	4,00	3,00	5,00		
Слайдер	0,20	5,00	0,33	0,50	1,00	2,00	2,00	4,00		
Жалюзі	0,14	3,00	0,20	0,25	0,50	1,00	0,50	2,00		
Диск	0,17	4,00	0,25	0,33	0,50	2,00	1,00	2,00		
Два диски	0,13	2,00	0,17	0,20	0,25	0,50	0,50	1,00		
Сума	2,33	37,00	5,59	8,45	12,45	21,83	17,25	28,50		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошарова заслонка	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,429	0,243	0,536	0,473	0,402	0,321	0,348	0,281	0,379	8,6460
Дод. Розворот	0,048	0,027	0,026	0,020	0,016	0,015	0,014	0,018	0,023	8,1924
Заслонка	0,143	0,189	0,179	0,237	0,241	0,229	0,232	0,211	0,208	8,5946
Багатошарова заслонка	0,107	0,162	0,089	0,118	0,161	0,183	0,174	0,175	0,146	8,4404
Слайдер	0,086	0,135	0,060	0,059	0,080	0,092	0,116	0,140	0,096	8,2504
Жалюзі	0,061	0,081	0,036	0,030	0,040	0,046	0,029	0,070	0,049	8,1023
Диск	0,072	0,108	0,045	0,039	0,040	0,092	0,058	0,070	0,065	8,1611
Два диски	0,054	0,054	0,030	0,024	0,020	0,023	0,029	0,035	0,034	8,1090
									IY =	0,045
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,032

Рисунок 3.12 – Оцінка за критерієм «Зручність користування»

Задоволення від використання										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	0,50	0,33	0,25	0,20	0,14	0,14	0,13		
Дод. Розворот	2,00	1,00	0,50	0,33	0,33	0,25	0,25	0,25		
Заслонка	3,00	2,00	1,00	0,33	0,25	0,20	0,20	0,20		
Багатошарова засл	4,00	3,00	3,00	1,00	0,50	0,33	0,33	0,33		
Слайдер	5,00	3,00	4,00	2,00	1,00	0,33	0,33	0,33		
Жалюзі	7,00	4,00	5,00	3,00	3,00	1,00	0,50	0,33		
Диск	7,00	4,00	5,00	3,00	3,00	2,00	1,00	0,33		
Два диски	8,00	4,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00		
Сума	37,00	21,50	23,83	12,92	11,28	7,26	5,76	2,91		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,027	0,023	0,014	0,019	0,018	0,020	0,025	0,043	0,024	8,4059
Дод. Розворот	0,054	0,047	0,021	0,026	0,030	0,034	0,043	0,086	0,043	8,2758
Заслонка	0,081	0,093	0,042	0,026	0,022	0,028	0,035	0,069	0,049	8,0957
Багатошарова засл	0,108	0,140	0,126	0,077	0,044	0,046	0,058	0,115	0,089	8,3339
Слайдер	0,135	0,140	0,168	0,155	0,089	0,046	0,058	0,115	0,113	8,5111
Жалюзі	0,189	0,186	0,210	0,232	0,266	0,138	0,087	0,115	0,178	8,8275
Диск	0,189	0,186	0,210	0,232	0,266	0,276	0,174	0,115	0,206	8,9875
Два диски	0,216	0,186	0,210	0,232	0,266	0,413	0,521	0,344	0,299	8,9184
									IY =	0,078
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,055

Рисунок 3.13 – Оцінка за критерієм «Задоволення від використання»

Швидкість пошуку інформації										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	5,00	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Дод. Розворот	0,20	1,00	0,20	0,33	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	
Заслонка	0,33	5,00	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Багатошарова засл	0,20	3,00	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
Слайдер	0,33	7,00	0,50	3,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	
Жалюзі	0,33	7,00	0,50	3,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	
Диск	0,33	7,00	0,50	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	
Два диски	0,33	7,00	0,50	3,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Сума	3,07	42,00	6,53	21,33	11,48	10,48	8,48	8,48		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,326	0,119	0,459	0,234	0,261	0,286	0,354	0,354	0,299	8,4991
Дод. Розворот	0,065	0,024	0,031	0,016	0,012	0,014	0,017	0,017	0,024	8,1809
Заслонка	0,109	0,119	0,153	0,141	0,174	0,191	0,236	0,236	0,170	8,5462
Багатошарова засл	0,065	0,071	0,051	0,047	0,029	0,032	0,039	0,039	0,047	8,3328
Слайдер	0,109	0,167	0,077	0,141	0,087	0,095	0,059	0,059	0,099	8,3182
Жалюзі	0,109	0,167	0,077	0,141	0,087	0,095	0,059	0,059	0,099	8,3182
Диск	0,109	0,167	0,077	0,141	0,174	0,191	0,118	0,118	0,137	8,4388
Два диски	0,109	0,167	0,077	0,141	0,174	0,095	0,118	0,118	0,125	8,4513
									IY =	0,055
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,039

Рисунок 3.14 – Оцінка за критерієм «Зручність користування»

Складність виготовлення										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	7,00	8,00	9,00		
Дод. Розворот	0,50	1,00	2,00	3,00	5,00	6,00	7,00	8,00		
Заслонка	0,33	0,50	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	7,00		
Багатошарова засл	0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	6,00		
Слайдер	0,17	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00	4,00		
Жалюзі	0,14	0,17	0,20	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00		
Диск	0,13	0,14	0,17	0,20	0,33	0,50	1,00	2,00		
Два диски	0,11	0,13	0,14	0,17	0,25	0,50	0,50	1,00		
Сума	2,63	4,47	7,26	10,95	20,08	26,00	32,50	40,00		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розв	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,380	0,448	0,413	0,365	0,299	0,269	0,246	0,225	0,331	8,6483
Дод. Розворот	0,190	0,224	0,276	0,274	0,249	0,231	0,215	0,200	0,232	8,7182
Заслонка	0,127	0,112	0,138	0,183	0,199	0,192	0,185	0,175	0,164	8,6534
Багатошарова засл	0,095	0,075	0,069	0,091	0,149	0,154	0,154	0,150	0,117	8,5028
Слайдер	0,063	0,045	0,034	0,030	0,050	0,077	0,092	0,100	0,062	8,2292
Жалюзі	0,054	0,037	0,028	0,023	0,025	0,038	0,062	0,075	0,043	8,1254
Диск	0,048	0,032	0,023	0,018	0,017	0,019	0,031	0,050	0,030	8,1263
Два диски	0,042	0,028	0,020	0,015	0,012	0,019	0,015	0,025	0,022	8,2361
									IY =	0,058
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,041

Рисунок 3.15 – Оцінка за критерієм «Складність виготовлення»

Площа на сторінці										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	0,20	0,50	0,17	0,25	0,25	0,13	0,14		
Дод. Розворот	5,00	1,00	3,00	0,50	2,00	2,00	0,25	0,33		
Заслонка	2,00	0,33	1,00	0,25	0,50	0,50	0,17	0,20		
Багатошарова засл	6,00	2,00	4,00	1,00	3,00	3,00	0,33	0,50		
Слайдер	4,00	0,50	2,00	0,33	1,00	1,00	0,20	0,25		
Жалюзі	4,00	0,50	2,00	0,33	1,00	1,00	0,20	0,25		
Диск	8,00	4,00	6,00	3,00	5,00	5,00	1,00	2,00		
Два диски	7,00	3,00	5,00	2,00	4,00	4,00	0,50	1,00		
Сума	37,00	11,53	23,50	7,58	16,75	13,25	2,78	4,68		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,027	0,017	0,021	0,022	0,015	0,019	0,045	0,031	0,025	7,9995
Дод. Розворот	0,135	0,087	0,128	0,066	0,119	0,151	0,090	0,071	0,106	8,0511
Заслонка	0,054	0,029	0,043	0,033	0,030	0,038	0,060	0,043	0,041	7,9955
Багатошарова засл	0,162	0,173	0,170	0,132	0,179	0,226	0,120	0,107	0,159	8,1879
Слайдер	0,108	0,043	0,085	0,044	0,060	0,075	0,072	0,053	0,068	7,9632
Жалюзі	0,108	0,043	0,085	0,044	0,060	0,075	0,072	0,053	0,068	7,9632
Диск	0,216	0,347	0,255	0,396	0,299	0,377	0,360	0,428	0,335	8,2273
Два диски	0,189	0,260	0,213	0,264	0,239	0,038	0,180	0,214	0,200	8,4418
									IY =	0,015
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,011

Рисунок 3.16 – Оцінка за критерієм «Площа на сторінці»

Кількість од. інформації										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски		
Без поп-ап	1,00	0,25	0,50	5,00	3,00	3,00	5,00	5,00		
Дод. Розворот	4,00	1,00	0,25	8,00	6,00	6,00	8,00	7,00		
Заслонка	2,00	4,00	1,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00		
Багатошарова засл	0,20	0,13	0,17	1,00	0,33	0,33	1,00	0,50		
Слайдер	0,33	0,17	0,25	3,00	1,00	1,00	3,00	2,00		
Жалюзі	0,33	0,17	0,25	3,00	1,00	1,00	3,00	2,00		
Диск	0,20	0,13	0,17	1,00	0,33	0,33	1,00	2,00		
Два диски	0,20	0,14	0,20	2,00	0,50	0,50	0,50	1,00		
Сума	8,27	5,98	2,78	29,00	16,17	16,17	27,50	24,50		
НОРМАЛІЗАЦІЯ										
	Без поп-ап	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски	Середнє	Міра узгодженості
Без поп-ап	0,121	0,042	0,180	0,172	0,186	0,186	0,182	0,204	0,159	8,4429
Дод. Розворот	0,484	0,167	0,090	0,276	0,371	0,371	0,291	0,286	0,292	9,1579
Заслонка	0,242	0,669	0,359	0,207	0,247	0,247	0,218	0,204	0,299	9,8786
Багатошарова засл	0,024	0,021	0,060	0,034	0,021	0,021	0,036	0,020	0,030	8,5078
Слайдер	0,040	0,028	0,090	0,103	0,062	0,062	0,109	0,082	0,072	8,3204
Жалюзі	0,040	0,028	0,090	0,103	0,062	0,062	0,109	0,082	0,072	8,3204
Диск	0,024	0,021	0,060	0,034	0,021	0,021	0,036	0,082	0,037	8,3196
Два диски	0,024	0,024	0,072	0,069	0,031	0,031	0,018	0,041	0,039	8,3189
									IY =	0,094
									IP =	1,41
									Коеф. узгодженості =	0,067

Рисунок 3.17 – Оцінка за критерієм «Кількість одиниць інформації»

Ваги								
	Зручність користування	Задоволення від використання	Швидкість пошуку інф.	Складність виготовлення	Площа на сторінці	Кількість од. інформації		
Зручність користування	1,00	0,50	5,00	3,00	0,25	0,20		
Задоволення від використання	2,00	1,00	6,00	4,00	0,33	0,25		
Швидкість пошуку інф.	0,20	0,17	1,00	0,33	0,13	0,11		
Складність виготовлення	0,33	0,25	3,00	1,00	0,17	0,14		
Площа на сторінці	4,00	3,00	8,00	6,00	1,00	0,50		
Кількість од. інформації	5,00	4,00	9,00	7,00	2,00	1,00		
Сума	12,533	8,917	32,000	21,333	3,875	2,204		
НОРМАЛІЗАЦІЯ								
	Зручність користування	Задоволення від використання	Швидкість пошуку інф.	Складність виготовлення	Площа на сторінці	Доречність дод. інформації	Середня	Міра узгодженості
Зручність користування	0,080	0,056	0,156	0,141	0,065	0,091	0,098	6,1984
Задоволення від використання	0,160	0,112	0,188	0,188	0,086	0,113	0,141	6,3623
Швидкість пошуку інф.	0,016	0,019	0,031	0,016	0,032	0,050	0,027	6,1053
Складність виготовлення	0,027	0,028	0,094	0,047	0,043	0,065	0,051	6,0330
Площа на сторінці	0,319	0,336	0,250	0,281	0,258	0,227	0,279	6,5247
Доречність дод. матер	0,399	0,449	0,281	0,328	0,516	0,454	0,404	6,4672
							IV =	0,056
							IP =	0,9
							Коеф. узгодженості =	0,083

Рисунок 3.18 – Розрахунки для визначення ваги критеріїв

Останній крок полягає в обчисленні зважених середніх оцінок для кожного варіанта рішення і застосуванні отриманих результатів для прийняття рішення про те, який аналог є найкращим (рис. 3.19).

Критерії	Ваги	Рейтинги							
		Без поп-а	Дод. Розво	Заслонка	Багатошар	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски
Зручність користування	0,098	0,379	0,023	0,208	0,146	0,096	0,049	0,065	0,034
Задоволення від використання	0,141	0,024	0,043	0,049	0,089	0,113	0,178	0,206	0,299
Швидкість пошуку інформ.	0,027	0,299	0,024	0,170	0,047	0,099	0,099	0,137	0,125
Складність виготовлення	0,051	0,331	0,232	0,164	0,117	0,062	0,043	0,030	0,022
Площа на сторінці	0,279	0,025	0,106	0,041	0,159	0,068	0,068	0,335	0,200
Кількість од. інформації	0,404	0,159	0,292	0,299	0,030	0,072	0,072	0,037	0,039
Зважені ср. рейтинги		0,137	0,168	0,173	0,090	0,079	0,083	0,149	0,121
Ранжирування		4	2	1	6	8	7	3	5

Рисунок 3.19 – Розрахунки середніх оцінок для кожної альтернативи

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що конструкція типу «заслонка» найбільше підходить для виконання завдання представлення додаткової інформації. Використання додаткового розвороту та диску більш ефективно, ніж відмова від використання паперових механізмів.

3.4 Розробка рекомендацій для виготовлення нових pop-up видань

Технологічний процес виробництва поп-ап видання має свої особливості. Додрукарський етап виготовлення об'ємного видання починається з ідеї замовника. На її основі збирається інформація на задану тему, розробляються ескізи. Створюються чорнові варіанти об'ємних механізмів та сторінок. Після отримання повного робочого ескізу оцінюється вартість ціни на друк і в залежності від цього корегується макет, який підійде замовнику [24].

При розробці видань пригодницько-енциклопедичного напрямку важливим кроком є обробка текстової та графічної інформації. Дані видання мають в собі багато поп-ап конструкцій, що мають на меті здивувати читача, занурити його в тему. Через обмеження в ресурсах та об'єму видання часто неможливо помістити усю представлену інформацію, доводиться обмежувати певний її об'єм. Використання паперових механізмів може вирішити дану проблему.

Підбір механізму, що найбільше підходить для вирішення даного завдання є дуже важливим. Дизайнер може витратити багато часу на реалізацію ідеї, яку доведеться переробляти при корегуванні макету. Тому, на основі проведеного аналізу поп-ап механізмів та результатів експерименту було розроблено наступні рекомендації з метою удосконалити процес проектування видань з поп-ап механізмами та зменшити час проектування.

Насамперед необхідно проаналізувати інформацію у виданні. Треба виділити, яка частина тексту чи ілюстрації відноситься до другорядної інформації – саме її можна розмістити в багатошарових елементах. До такої інформації відносяться таблиці, діаграми, мапи, додаткові описи чи ілюстрації. Залучення використання поп-ап елементів для їх розміщення дозволить полегшити досвід використання видання, та надасть можливість читачеві звернутися до цих матеріалів, коли вони будуть йому потрібні.

За результатами експерименту заслонка показала себе як найкраща конструкція для подання додаткової інформації. Вона проста у виготовленні, потребує лише приклейки на сторінку. Однак варто розуміти, який розмір заслонки можна використати. В залежності від інформації, яку варто представити, треба регулювати площу, яку займе заслонка на сторінці. Цю конструкцію можна використати для представлення частини таблиць, подання додаткових описів, показання шарової структури предметів.

При використанні багатошарової заслонки варто враховувати, що чим більше шарів, тим товще буде сторінка видання, що може вплинути на його функціональність. Рекомендуємо використовувати до 4 шарів заслонки. Дана конструкція найбільше підходить для показання шарової структури предметів.

Додатковий розворот дозволяє розмістити великий обсяг інформації, дуже простий у виготовленні, адже потребує лише фальцювання і приклеювання до частини сторінки. Однак експеримент показав, що він не зручний у використанні. Розгортання цієї конструкції також може закрити іншу інформацію на сторінці, що може бути незручним. Застосування додаткового розвороту підходить для великих обсягів графічної інформації (мапи, детальні схеми).

Використання диску гарно показало себе в експерименті. Особливістю дискового механізму є те, що площа на сторінці, на якій розміщена додаткова інформація значно зменшується у порівнянні з іншими конструкціями. Експеримент також показав, що цей механізм має високий рейтинг за критерієм «Задоволення від використання». Взаємодія з механізмом дає читачам позитивні емоції. Проте диск є найскладнішим у виготовленні. Варто враховувати і те, що механізм розміщується під сторінкою і має кріплення в центрі, тому має обмежений простір, де можна розмістити віконце з інформацією. Диск можна використовувати для великих таблиць, адже можна показувати лише декілька комірок за раз. Використовуючи декілька прорізів на сторінці можна подавати інформацію на відповідність. Два диски дозволяють розмістити більше інформації, але складніші у виготовленні.

Слайдер та жалюзі показали себе найгірше в експерименті. Вони відносно складні у виготовленні, але збільшують задоволення від використання. Конструктивно ці механізми розміщуються під сторінкою і варто враховувати місце, яке вони будуть займати при виконанні руху. Експеримент показав, що для таблиць необхідно використовувати слайдер чи жалюзі досить великого формату, що не зовсім зручно. Найліпше використовувати дані конструкції при невеликих обсягах інформації та за необхідності підкреслення руху представленого об'єкту.

Особливості розглянутих механізмів та рекомендації їх застосування наведені в таблиці А.1.

Відповідно до розроблених рекомендацій додрукарський процес виготовлення нового поп-ап видання буде складатися з наступних операцій:

- отримання ідеї від замовника;
- підбір текстової та графічної інформації;
- аналіз інформації, виявлення інформації, яку можна представити із залученням використання багатошарових елементів;
- визначення вигляду, в якому представлена інформація (текст, ілюстрації, схеми, мапи, таблиці, тощо);
- аналіз можливого розміру конструкції, площі, яку займе конструкція на сторінці;
- врахування складності виготовлення механізму;
- врахування задоволення від використання читачем;
- вибір найліпшої конструкції за рекомендаціями;
- розробка прототипу конструкції;
- розробка макету видання;
- узгодження макету із замовником;
- внесення правок і корегування макету;
- погодження та затвердження оригінал-макету, підпис на друк.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Характеристика науково-дослідного рішення

Метою даного розділу є економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи (НДР), в межах якої передбачається дослідження механізмів паперових рор-ур виробів. Під час такого обґрунтування буде здійснено: розрахунок трудовитрат та заробітної плати працівникам, розрахунок одноразових витрат і прибутку, оцінку результатів НДР.

Реалізація НДР передбачає такі етапи:

- аналіз типів конструкцій рор-ур, сфер їх застосування;
- обґрунтування методу експерименту, що буде використаний в дослідженні;
- моделювання рор-ур конструкції для вирішення задачі подання додаткової інформації;
- оцінка доцільності використання розроблених прототипів та визначення оптимальних конструкцій;
- розробка рекомендацій для виготовлення нових рор-ур виробів.

4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

Під час виконання науково-дослідної роботи був проведений огляд існуючих рор-ур конструкцій, сфер їх застосування, досліджено процес виготовлення паперових механізмів. Проведено експеримент вибору найкращих конструкцій для вирішення задачі подання додаткової інформації, на основі якого розроблено рекомендації для дизайнерів при розробці нових рор-ур виробів.

Умовно НДР можна розділити на три етапи: підготовчий, основний і заключний.

На стадії виконання підготовчого етапу були виконані підбір і аналіз інформації для проведення відповідних до постановки завдання робіт. Проведено пошук інформації в мережі Internet та у фаховій літературі.

На етапі виконання основної частини НДР були виконані такі роботи:

- аналіз існуючих pop-up виробів;
- розробка прототипів pop-up конструкцій для експерименту;
- оцінка розроблених прототипів;
- обробка та аналіз результатів експерименту;
- розробка рекомендацій.

У заключній частині здійснюється оцінка ефективності виконання НДР, складання звіту з НДР, захист звіту.

Найбільш складною та відповідальною частиною при плануванні НДР є розрахунок трудомісткості робіт, тому що трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на строки розробки.

Дану роботу виконували 2 особи: графічний дизайнер, зарощений експерт для оцінки. Середня заробітна плата графічного дизайнера становить 20 000 грн, запрошеного експерту – 18 000 грн.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{cp.дн.}$) розраховується:

$$Z_{cp.дн.} = \frac{Z_{cp.міс.}}{n}, \quad (4.1)$$

де $Z_{cp.міс.}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, ($n=22$).

Середньоденна заробітна плата графічного дизайнера складає:

$$Z_{cp.дн.} = \frac{20000}{22} = 909,09 \text{ (грн)}.$$

Середньоденна заробітна плата експерта:

$$z_{\text{ср.дн.}} = \frac{18000}{22} = 818,18 \text{ (грн).}$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудомісткість робіт, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	Графічний дизайнер	2	909,09	1818,18
1.2 Підготовка довідкових матеріалів та даних для виконання НДР	1	Графічний дизайнер	2	909,09	1818,18
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	Графічний дизайнер	1	909,09	909,09
2.2 Аналіз існуючих рор-ур виробів	1	Графічний дизайнер	4	909,09	3636,36
2.3 Розробка прототипів	1	Графічний дизайнер	4	909,09	3636,36
2.4 Проведення оцінки		Запрошений експерт	1	818,18	818,18
2.5 Обробка результатів експерименту	2	Запрошений експерт	1	818,18	818,18
2.6 Розробка рекомендацій	1	Графічний дизайнер	1	909,09	909,09
3. Заключний етап					
3.1 Формування висновків та пропозицій по використанню розроблених рекомендацій	1	Графічний дизайнер	1	909,09	909,09
3.2 Технічне оформлення звіту виконання НДР	1	Графічний дизайнер	2	909,09	1818,18
Усього			19		17090,89

4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв'язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції.

Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (4.2)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

Q_j – кількість використаних одиниць j -го виду матеріалів, $j=(1 \div n)$;

C_j – ціна одиниці j -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 4.2.

Витрати на оплату праці розраховуються, виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 17090,89 грн.

Таблиця 4.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість, од.	Ціна, грн	Сума, грн.
Олівець механічний	шт.	2	12,00	24,00
Папір А1 120 г/м ²	шт.	4	11,10	44,40
Лінійка	шт.	1	30,00	30,00
Циркуль	шт.	1	50,00	50,00
Ножиці	шт.	1	60,00	60,00
Макетний ніж	шт.	1	159,00	159,00
Клей	шт.	1	65,00	65,00
Блокнот	шт.	2	20,00	40,00
Всього				472,40

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов’язкового державного соціального страхування в обов’язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов’язкового державного соціального страхування.

Ставка єдиного соціального внеску складає 22 % від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 3760,00 грн.

Під час виконання НДР застосовувалось наступне обладнання: комп’ютер вартістю 20000 грн.

Вищенаведене устаткування є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.3)$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідної роботи;

BO_k – вартість основних засобів k -го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k -го виду, днів;

T – термін науково-дослідницької роботи, днів;

L – кількість видів обладнання.

Підставивши відомі значення у (4.3), визначимо величину амортизаційних відрахувань:

$$AB = \frac{20000 \cdot 19}{730} = 520,55 \text{ (грн).}$$

Витрати на використану обладнанням електроенергію (B_e):

$$B_e = M \cdot t \cdot T_{кВм}, \quad (4.4)$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{кВм}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Споживна потужність комп'ютера складає 0,5 кВт за годину. Тариф споживачів за першим класом напруги, тобто 35 кВт та більше), складає 1,68 грн./кВтгодин (без ПДВ). Підставивши значення у формулу (4.4), визначимо величину витрат (B_e) на спожиту електроенергію:

$$B_e = 0,5 \cdot 133 \cdot 1,68 = 111,72 \text{ грн.}$$

До інших статей витрат відносяться такі:

- адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці;
- вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме: Інтернет – 160 грн. на місяць (безлімітний пакет); всього 160 грн. за 19 днів виконання НДР.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР, наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	17090,89
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	3760,00
3	Матеріальні витрати	472,40
4	Амортизація основних засобів	520,55
5	Витрати на спожиту електроенергію	111,72
6	Інші витрати, у тому числі:	–
6.1	Адміністративні витрати (20,0 % від п.1)	3418,18
6.2	Вартість послуг зв'язку	160
7	Усього витрати	25533,74

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями і складає 25533,74 грн.

4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій, виконаних під час НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Відповідно до теми даного дослідження у якості результату впровадження НДР визначено рекомендовані конструкції, що можна використати при розробці нового виробу при вирішенні задачі розміщення великої кількості інформації. Результат від впровадження НДР визначається:

$$\Delta P_j = |X_{\text{б}j} - X_{\text{н}j}|, \quad (4.5)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1, m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{бj}$ – базове значення j -ої характеристики;

$X_{нj}$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження НДР.

У якості досліджуваної характеристики обрано вагу розробленої конструкції в результаті оцінки експертів. Отримані результати тестування наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Рейтинги розроблених конструкцій

Показник	Без рор-ур	Дод. Розворот	Заслонка	Багатошарова заслонка	Слайдер	Жалюзі	Диск	Два диски
	1	2	3	4	5	6	7	8
Зважені рейтинги	0,137	0,168	0,173	0,090	0,079	0,083	0,149	0,121

За базове значення характеристики доцільно взяти рейтинг варіанту без використання рор-ур конструкцій. Підставивши відповідні значення до (4.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_1 = |0,137 - 0,137| = 0; \quad \Delta P_2 = |0,168 - 0,137| = 0,031;$$

$$\Delta P_3 = |0,173 - 0,137| = 0,036; \quad \Delta P_4 = |0,090 - 0,137| = -0,047;$$

$$\Delta P_5 = |0,079 - 0,137| = -0,058; \quad \Delta P_6 = |0,083 - 0,137| = -0,054;$$

$$\Delta P_7 = |0,149 - 0,137| = 0,012; \quad \Delta P_8 = |0,121 - 0,137| = -0,016.$$

Отриманий результат свідчить про те, що конструкції заслонка, додатковий розворот та диск можна ефективно використати для вирішення задачі представлення великого обсягу інформації.

ВИСНОВКИ

Незважаючи на стрімкий розвиток технологій і поступову зміну фокусу інтересу споживача на ринку, друковані видання поп-ап книг не втрачають своєї популярності. Поп-ап вироби продовжують використовуватися як рекламні матеріали, сувенірні листівки, подарункові видання, видання для дітей, художні видання, а їх унікальність та артистичність обумовлює попит навколо них.

Поп-ап як форма інженерії та мистецтва пройшла довгий шлях розвитку. У міру зростання популярності об'ємних книг і урізноманітнення конструкцій поп-ап механізмів розширювалися й сфери їх застосування. Сьогодні такі книжки існують не лише для того, щоб відтворити досвід чи розважити дітей – тепер вони набувають власного значення та пропонують нові способи побачити історії, форми мистецтва та ідеї.

У ході виконання роботи було розглянуто історію розвитку і застосування поп-ап механізмів, їх класифікацію. Проведено аналіз сфер застосування різноманітних видів конструкцій, їх конструктивних особливостей, оцінена їх здатність до передачі інформації.

На основі проведеного аналізу визначено типи механізмів, що найефективніше вирішують завдання економії місця на сторінці. Було розроблено план проведення експерименту, створено 8 варіантів представлення інформації з використанням різних типів механізмів, проведено оцінку методом аналізу ієрархій. Визначено, що конструкція типу «заслонка» найбільше підходить для виконання завдання представлення додаткової інформації, а використання додаткового розвороту та диску більш ефективно, ніж відмова від поп-ап виробів.

На основі результатів експерименту розроблено рекомендації до вибору механізму при виготовленні нових поп-ап видань пригодницько-енциклопедичного характеру. Розроблені рекомендації також можна

застосовувати при розробці наукових, енциклопедичних видань. Використання поп-ап механізмів для подання інформації другорядного характеру дозволить полегшити досвід користування виданням, зменшити його обсяг.

Наукову дослідницьку роботу було економічно обґрунтовано. Проведено розрахунок трудомісткості робіт, калькуляцію собівартості проведення дослідження. Загальні витрати на виконання роботи становлять 25 533,74 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Bluemel N., Taylor R.L.H. Pop-up books: a guide for teachers and librarians. Santa Barbara: Libraries Unlimited, 2012. 323 p.
2. Phillips T., Montanaro A.R. Practical Pop-Ups and Paper Engineering: A Step-By-Step Course In The Art Of Creative Card-Making, More Than 100 Techniques And Projects, In 1000 Photographs. Leicester: Lorenz Books, 2018. 256 p.
3. Schuhmacher. H. How Did 16th Century Doctors Get Their Anatomical Info? Pop Up Books, of Course! URL: <https://bookstr.com/article/how-did-16th-century-doctors-get-their-anatomical-info-pop-up-books-of-course/> (дата звернення: 20.09.2022).
4. Birmingham D. Pop-Up! A Manual of Paper Mechanisms. Tarquin Publication. 2006. 98 p.
5. Ives. R. Paper Engineering & Pop-ups For Dummies. Hoboken: Wiley Publishing, 2009. 268 p.
6. Marta Serrano Sánchez, María Carmen Hidalgo Rodríguez. Paper Engineering In Childrens Literature Design Of Paper Mechanisms. Tradition, Transition, Trajectories: major or minor influences? : materials of 9th Conference of the International Committee for Design History and Design Studies. São Paulo: Blucher, 2014. P. 651-656.
7. Величко Н.В. Інтерактивність як засіб формування дизайну дитячої друкованої книги : дис. ... докт. філ. : 022 – дизайн / Харків. держ. ак. дизайну і мистецтв. Харків, 2021. 367 с.
8. Montanaro A.R. Pop-up and movable books. Metuchen: Scarecrow Press, 2000, 960 p.
9. Сбітнева Н.Ф., Величко Н.В. Історія розвитку інтерактивної паперової книги. Вісник ХДАДМ. 2017. №2. С. 23-31.

10. Семенов М.В. Використання інтерактивних книжок в рекламній продукції // Наука та освіта: проблеми, перспективи та інновації: матеріали 9 міжнародної науково-практичної конференції (26-28 травня 2021 р.) Видавнича група CPN, Кіото, Японія. 2021. 668 с.
11. Howell L.L. *Compliant Mechanisms*, Wiley, New York. 2001 480 p.
12. Dai J.S., Cannella F. Stiffness Characteristics of Carton Folds for Packaging. *ASME J. Mech. Des.* 2008. 130(2), 022305.
13. Lee Y.T., Tor S.B., Soo E.L. Mathematical Modelling and Simulation of Pop-Up Books. *Comput. Graph.* 1996. 20(1). P. 21–31.
14. Glassner A. Interactive Pop-Up Card Design, Part 1. *IEEE Comput. Graphics Appl.* 2002. 22(1), P. 79-86.
15. Lusk C.P., Howell L.L. Spherical Bistable Micromechanism. *ASME J. Mech. Des.* 2008. 130(4), 045001.
16. Lusk C.P., Howell L.L. Components, Building Blocks, and Demonstrations of Spherical Mechanisms in Microelectromechanical Systems. *ASME J. Mech. Des.* 2008. 130(3), 034503.
17. Balkcom D. *Robotic Origami Folding*. Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 2004.
18. Winder B.G., Magleby P.S., Howell L.L. Kinematic Representations of Pop-Up Paper Mechanisms. *Journal of Mechanisms and Robotics* MAY 2009, Vol. 1 / 021009-3
19. Carter D.A., Diaz J. *The Elements of Pop-Up: A Pop-Up Book For Aspiring Paper Engineers*. New York: Little Simon, 1999. 18 p.
20. Howell L.L., Midha A. Parametric Deflection Approximations for End-Loaded, Large-Deflection Beams in Compliant Mechanisms. *ASME J. Mech. Des.* 117. 1995. P. 156-165.
21. Осипова Т.Г., Пшенична М.В., Пшеничний Ю.В. Особливості дизайну дитячих книжок з елементами «pop-up». *Технологія і техніка друкарства*. 2018. №4. С. 115-125.

22. Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами підприємств: навчальний посібник / Пономаренко В.С., Павленко Л.А., Беседовський О.М. та ін. Харків: Вид. ХНЕУ, 2012. 272 с.

23. Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. / С.А. Ус, Л.С. Коряшкіна; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2014. 300 с.

24. How to make pop up books David Hawcock // Pop up Paper. URL: <http://popuppaper.blogspot.com/2012/11/how-to-make-pop-up-books-david-hawcock.html> (дата звернення: 20.09.2022).