

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій  
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Здобувача вищої освіти Циби Богдана Вадимовича  
академічної групи 124-22ск-1  
спеціальності 124 Системний аналіз  
за освітньо-професійною програмою Системний аналіз

на тему: «Оцінка та аналіз портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>асистент Козир С.В.</i>			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний	<i>асистент Козир С.В.</i>			
Спеціальний розділ	<i>асистент Козир С.В.</i>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.</i>			

Дніпро  
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
завідувач кафедри  
Системного аналізу та управління  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Желдак Т.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра

здобувачу вищої освіти Цибі Б. В. академічної групи 124- 22ск-1  
спеціальності: 124 Системний аналіз  
за освітньо-професійною програмою Системний аналіз  
на тему «Оцінка та аналіз портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку»  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.05.2025р.  
№336-с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	<i>Проаналізувати структуру об'єкта дослідження. Визначити предметну область дослідження та проблему, що розв'язується. Обґрунтувати методи виконання поставлених завдань</i>	10.01.2025 – 01.03.2025
2. Спеціальний розділ	<i>Розв'язати поставлені задачі: провести комплексний аналіз альтернативних науково-дослідних проєктів щодо вдосконалення системи друку та сформулювати рекомендації з вибору доцільного портфеля.</i>	01.03.2025 – 10.06.2025

Завдання видано \_\_\_\_\_ асистент Козир С.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 06.12.2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Циба Б. В.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63 с., 17 рис., 15 табл., 4 додатків, 23 джерела

*Об'єктом дослідження* є процес формування портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку.

*Предметом дослідження* є процесно-орієнтований підхід оцінювання портфеля проєктів науково-дослідних розробок, що враховує як технічні, так і економічні аспекти впровадження інновацій.

*Метою* кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу формування портфеля проєктів науково-дослідних розробок шляхом поєднання детальної інженерної експертизи та економічного аналізу, що забезпечує точність, послідовність і обґрунтованість оцінок та суттєво знижує рівень невизначеності щодо загальної вартості портфеля.

*Методи дослідження:* моделювання матриці структури проєктування (Design Structure Matrix, DSM) та дельта-матриці структури проєкту ( $\Delta$ DSM), аналіз сценаріїв, аналіз критеріїв ефективності інвестиційних проєктів, моделювання бізнес-процесів.

У *інформаційно-аналітичному розділі* роботи здійснено аналіз структурованого процесу оцінки портфеля проєктів на основі аналізу впровадження технологій та реалізовано його інженерну фазу.

У *спеціальному розділі* реалізовано економічну фазу процесу яка включила в себе фінансово-економічну оцінку проєктів впровадження технологій

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що результати проведеного дослідження можуть слугувати аналітичною основою для ухвалення стратегічного рішення щодо впровадження оптимального набору науково-дослідних проєктів, який відповідатиме як технічним можливостям підприємства, так і його економічним цілям.

Ключові слова: АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ, ПОРТФЕЛЬ ПРОЄКТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОЗРОБОК, СИСТЕМА ДРУКУ, АНАЛІЗ СЦЕНАРІЇВ, NPV

## ABSTRACT

Explanatory note: 63 pages, 17 figures, 15 tables, 4 appendices, 23 sources

*The object of the study* is the process of forming a portfolio of research and development projects for a laser printing system.

*The subject of the study* is a new process-oriented methodology for evaluating a portfolio of research and development projects, which considers both technical and economic aspects of innovation implementation.

*The thesis aims* to improve the efficiency of forming a portfolio of research and development projects by combining detailed engineering expertise and economic analysis, which provides more accurate, reliable and consistent assessments and significantly reduces uncertainty regarding the total cost of the portfolio.

*Research methods:* modelling of the Design Structure Matrix (DSM) and Delta Design Structure Matrix ( $\Delta$ DSM), scenario analysis, analysis of investment project performance criteria, and business process modelling.

The *information and analytical section* of the work analyses the structured process of project portfolio assessment based on the analysis of technology implementation and implements its engineering phase.

The *special section* implements the economic phase of the process, which includes a financial and economic assessment of technology implementation projects.

The practical value of the results obtained lies in the fact that the study's results can serve as an analytical basis for making a strategic decision on implementing an optimal set of research projects that will meet both the technical capabilities of the enterprise and its economic goals.

Keywords: ANALYSIS OF TECHNOLOGY IMPLEMENTATION, RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECT PORTFOLIO, PRINTING SYSTEM, SCENARIO ANALYSIS, NPV

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 .....	8
ІНФОРМАЦІЙНО–АНАЛІТИЧНИЙ.....	8
1.1 Огляд сучасних підходів до впровадження проєктів науково-дослідних розробок .....	8
1.2 Оцінка портфеля проєктів науково-дослідних розробок.....	10
1.2.1 Модель процесу оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок	11
1.2.2 Методологія оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок.....	14
1.3 Теоретичні відомості про методи .....	16
1.3.1 Метод моделювання Design Structure Matrix .....	17
1.3.2 Стандартні фінансові критерії прийняття рішень .....	20
1.4 Фаза інженерної оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку .....	22
1.5 Постановка задач дослідження для фази економіко-аналітичної оцінки .....	30
РОЗДІЛ 2 .....	32
СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	32
2.1. Оцінка економічного впливу впровадження технологій для системи лазерного друку .....	32
2.1.1 Оцінка інвестиційної складової проєктів впровадження технологій .....	32
2.1.2 Оцінка очікуваного доходу від впровадження технологій.....	39
2.2 Аналіз грошових потоків з урахуванням дисконтування для обчислення чистої приведеної вартості (NPV) .....	42

2.3 Оцінка портфеля проєктів науково-дослідних розробок на основі сценарного підходу .....	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	58
Додаток Б. Відгук.....	59
Додаток В. Вихідні дані реальних операцій виробника систем друку.....	60
Додаток Г. Програмний Python-код для розрахунку NPV та побудови графіка дисконтованих грошових потоків .....	62

## ВСТУП

Індустрія поліграфії зазнала кардинальних трансформацій після впровадження технології ксерографії, яка започаткувала еру масового копіювання та друку. Згодом цей сектор еволюціонував у високотехнологічну галузь із жорсткою конкуренцією між провідними виробниками друкарських систем. Водночас стрімкий розвиток цифрових технологій, зростання популярності електронних носіїв інформації та підвищення вартості друкованої продукції створили нові виклики, що змушують компанії шукати шляхи адаптації та оптимізації бізнес-процесів.

У таких умовах стратегічне управління інноваційними проєктами набуває критичного значення. Обмеженість фінансових ресурсів вимагає ретельного відбору науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок (НДДКР), які мають найвищий потенціал для підвищення ефективності виробництва та забезпечення сталих конкурентних переваг. Одним із ключових напрямів інноваційної діяльності є вдосконалення системи розподілу тонера в принтерах, що безпосередньо впливає на якість друку, витрати ресурсів і продуктивність обладнання.

Ця кваліфікаційна робота присвячена застосуванню сучасних підходів до оцінювання та формування портфеля НДДКР у сфері друкарських технологій. На основі емпіричних даних провідного виробника проаналізовано критерії відбору проєктів, змодельовано альтернативні сценарії портфелів і сформульовано рекомендації щодо оптимального розподілу інвестиційних ресурсів.

## РОЗДІЛ 1

### ІНФОРМАЦІЙНО–АНАЛІТИЧНИЙ

#### 1.1 Огляд сучасних підходів до впровадження проєктів науково-дослідних розробок

Високотехнологічні компанії у своїй діяльності невпинно впроваджують найсучасніші та передові технології у виробництво своїх продуктів. Метою такого впровадження є прагнення до постійного підвищення продуктивності праці та значного розширення функціональних можливостей пропонованих рішень. У динамічному середовищі сучасного ринку, для забезпечення та збереження стійкої конкурентоздатності, технологічні компанії змушені приділяти особливу увагу питанням технологічної інкубації, а також процесам інтенсивного розвитку. Ці важливі функції зазвичай здійснюються спеціалізованими науково-дослідними організаціями, відомими як Research and Development (R&D) центри. Саме ці організації несуть пряму відповідальність за проведення фундаментальних і прикладних досліджень, активну розробку нових технологічних рішень, а також їх успішну інтеграцію у вже існуючі продукти та системи, або створення принципово нових.

Основною метою науково-дослідної організації є цілеспрямоване формування портфеля технологічних проєктів. Цей портфель має бути орієнтованим на досягнення максимальних прибутків для компанії в довгостроковій перспективі. Важливо підкреслити, що ці проєкти охоплюють широкий спектр напрямків, включаючи як розробку абсолютно нових продуктів і послуг, так і вдосконалення вже існуючих на ринку пропозицій компанії.

У своїй основі ці проєкти спираються на використання різноманітних технологій, кожна з яких має значний потенціал для істотного підвищення загальної продуктивності виробничих процесів. Крім того, застосування цих технологій спрямоване на оптимізацію витрат, пов'язаних з виробництвом і

наданням послуг, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на фінансові показники компанії. Реалізація кожної окремої технології в рамках проєктів передбачає внесення певних конструкційних змін в існуючі системи та обладнання. Цей процес також вимагає залучення значних інвестицій для забезпечення необхідних ресурсів та матеріалів. Впровадження технологій, безсумнівно, впливає на продуктивність системи в цілому, що необхідно враховувати при плануванні та реалізації проєктів.

В умовах обмеженого обсягу доступних ресурсів, виділених на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР), процес відбору пріоритетних проєктів набуває особливого значення. Зазвичай, відбір здійснюється головним технічним директором компанії та системним архітектором, які спільно аналізують та оцінюють кожен проєкт. Ключовим критерієм при відборі є прогнозована економічна цінність кожного проєкту, яка визначається на основі ретельного аналізу вигоди та витрат. При цьому використовуються чітко визначені критерії, встановлені вищим керівництвом компанії, що забезпечує об'єктивність та прозорість процесу відбору.

Вибір портфеля проєктів передбачає відбір оптимальної сукупності проєктів з урахуванням їх цінності та ресурсних обмежень (бюджету, взаємозалежності тощо) [1, 2]. Рішення щодо фінансування мають на меті досягнення максимальної цінності шляхом збалансованого та ефективного розподілу обмежених ресурсів між технологіями, які можна впровадити, враховуючи багатомірність цінності проєкту з різних точок зору [3].

У процесі формування портфеля проєктів, як правило, застосовується двоетапний метод: спочатку проводиться оцінка проєктів на основі визначених критеріїв, а потім отримані дані використовуються в моделі цілочислового програмування з урахуванням стратегічних обмежень [4–6].

Дослідження з питань формування та оптимізації портфелів науково-дослідних проєктів зберігають актуальність для технологічно розвинених галузей. У попередніх дослідженнях, дану задачу було представлено як задачу про ранець, з використанням методів лінійного програмування для оптимізації

портфелів. Надалі, для удосконалення управління портфелем, було розроблено різноманітні методи, включаючи інструменти багатокритеріального прийняття рішень[4, 7–10].

У сучасних дослідженнях спостерігається стабільний інтерес до питань багатоцільової оптимізації при формуванні портфеля науково-дослідних проєктів [11–13], а також до управління ризиками, пов'язаними з їх реалізацією [12]. Крім того, проводяться дослідження щодо використання штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) з метою формування та оптимізації інвестиційного портфеля [14].

Впровадження вибору та оптимізації портфеля проєктів у корпоративному секторі, незважаючи на теоретичний прогрес, є складним процесом, що зумовлено організаційною структурою, існуванням неформальних проєктів, динамікою можливостей управління портфелем та індивідуальними характеристиками управлінського персоналу. Зазначені проблеми впровадження актуалізують необхідність подальшого вдосконалення теоретичних і практичних аспектів вибору та оптимізації портфеля проєктів.

## 1.2 Оцінка портфеля проєктів науково-дослідних розробок

Портфель науково-дослідних розробок (НДР) є сукупністю окремих проєктів, ретельно відібраних і організованих для досягнення стратегічних цілей компанії. Кожен проєкт у цьому портфелі має чітке завдання: максимізувати цінність не лише для самої компанії, але й для всіх зацікавлених сторін, чії інтереси пов'язані з успіхом підприємства. Успішне управління портфелем НДР передбачає глибоке розуміння ролі окремих проєктів та їхнього внеску в загальний розвиток.

### 1.2.1 Модель процесу оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок

Проєкт, за своєю суттю, являє собою тимчасову діяльність, що має чітко визначені терміни початку та завершення. Основна мета кожного проєкту – створення унікального результату, який відрізняється від існуючих рішень і має потенціал для значного впливу. Ці унікальні результати відіграють вирішальну роль у процесі розробки нових продуктів, впровадження передових технологій і надання інноваційних послуг. Без успішної реалізації проєктів НДР компанія не зможе ефективно конкурувати на ринку та задовольняти потреби своїх клієнтів.

Існує декілька видів вартості проєкту, кожна з яких відображає різні аспекти його економічної ефективності. Серед них розрізняють фактичну вартість, яка відображає реальні витрати, понесені під час виконання проєкту; очікувану вартість, що представляє собою прогноз економічної вигоди від реалізації проєкту; цільову вартість, яка є запланованим показником економічної ефективності, якого необхідно досягти; та ймовірну вартість, яка враховує ризики та невизначеності, пов'язані з проєктом.

Важливо забезпечити відповідність фактичної вартості проєкту його цільовій вартості. Це означає, що необхідно ретельно контролювати витрати та ефективно управляти ресурсами, щоб уникнути перевищення бюджету. Цільова вартість, у свою чергу, повинна відображати очікувану цінність для зацікавлених сторін. Тобто, проєкт має бути економічно обґрунтованим і приносити відчутні вигоди всім, хто зацікавлений у його успішній реалізації.

Об'єктивна та всебічна оцінка потенційних проєктів НДР є необхідною умовою для встановлення реалістичних цілей, які можна досягти з наявними ресурсами. Така оцінка дозволяє забезпечити надійні дані для обґрунтованого відбору проєктів, що мають найбільший потенціал для успіху. На основі об'єктивної оцінки можна оптимізувати портфель НДР, вибираючи найбільш перспективні проєкти та відмовляючись від тих, що не відповідають стратегічним цілям компанії.

Вартість науково-дослідного проекту часто виражається у грошовій формі, зокрема, як очікувана чиста приведена вартість (NPV).

Розробка новітніх технологій є пріоритетним завданням для науково-дослідних організацій та реалізується шляхом виконання науково-дослідних проектів. Подібні розробки, зазвичай, здійснюються в рамках дослідницьких проектів, які характеризуються конкретним терміном реалізації, виділеними ресурсами та очікуваними вигодами (тобто факторами, які в сукупності визначають цінність проекту) [13]. Оцінка впровадження технології дозволяє визначити її цінність у контексті удосконаленого продукту.

Для комплексної оцінки впровадження технологій Smaling і De Weck [15] запропонували структурований процес, що вимірює зміни в дизайні та продуктивності системи для оцінки ризиків і переваг. Suh та інші [16] інтегрували економічний аналіз для кількісної оцінки вартості технології у фінансовому вираженні та застосували цей удосконалений структурований процес до промислового друку. Moon та Suh [17] розширили цей підхід, включивши кілька технологічних вдосконалень, що додатково покращило процес.

Комплексний огляд літератури з питань відбору та оптимізації портфелів науково-дослідних проектів, оцінки окремих ініціатив і впровадження технологій свідчить про значний обсяг досліджень у цій сфері. Водночас залишається актуальною потреба у процесно-орієнтованій структурі, яка дозволяє точно оцінювати цінність портфеля шляхом глибокого аналізу кожного проекту. Застосування детальної інженерної експертизи та економічного аналізу, як правило, забезпечує більш точні, надійні та узгоджені оцінки, що суттєво знижує рівень невизначеності щодо загальної вартості портфеля.

На основі цього огляду розроблено візуальну модель процесу оцінки портфеля проектів науково-дослідних розробок (рис. 1.1), який представляє собою структурований процес на основі аналізу впровадження технологій.

Процес структуровано у дві основні фази: інженерну, яка передбачає технічну експертизу, та економічну, що включає фінансово-аналітичну оцінку.

Фаза інженерної оцінки зосереджена на виявленні перспективних технологій, аналізі необхідних змін у дизайні для їх інтеграції та визначенні їхнього впливу на цільові системи. Економічна фаза передбачає аналіз фінансової життєздатності як окремих проєктів НДР, так і різних комбінацій у межах портфеля. Вона базується на результатах інженерного етапу. Підсумком усього процесу є формування рекомендацій щодо складу портфеля науково-дослідних проєктів, адаптованих до різних сценаріїв, що враховують як технічні, так і економічні аспекти.

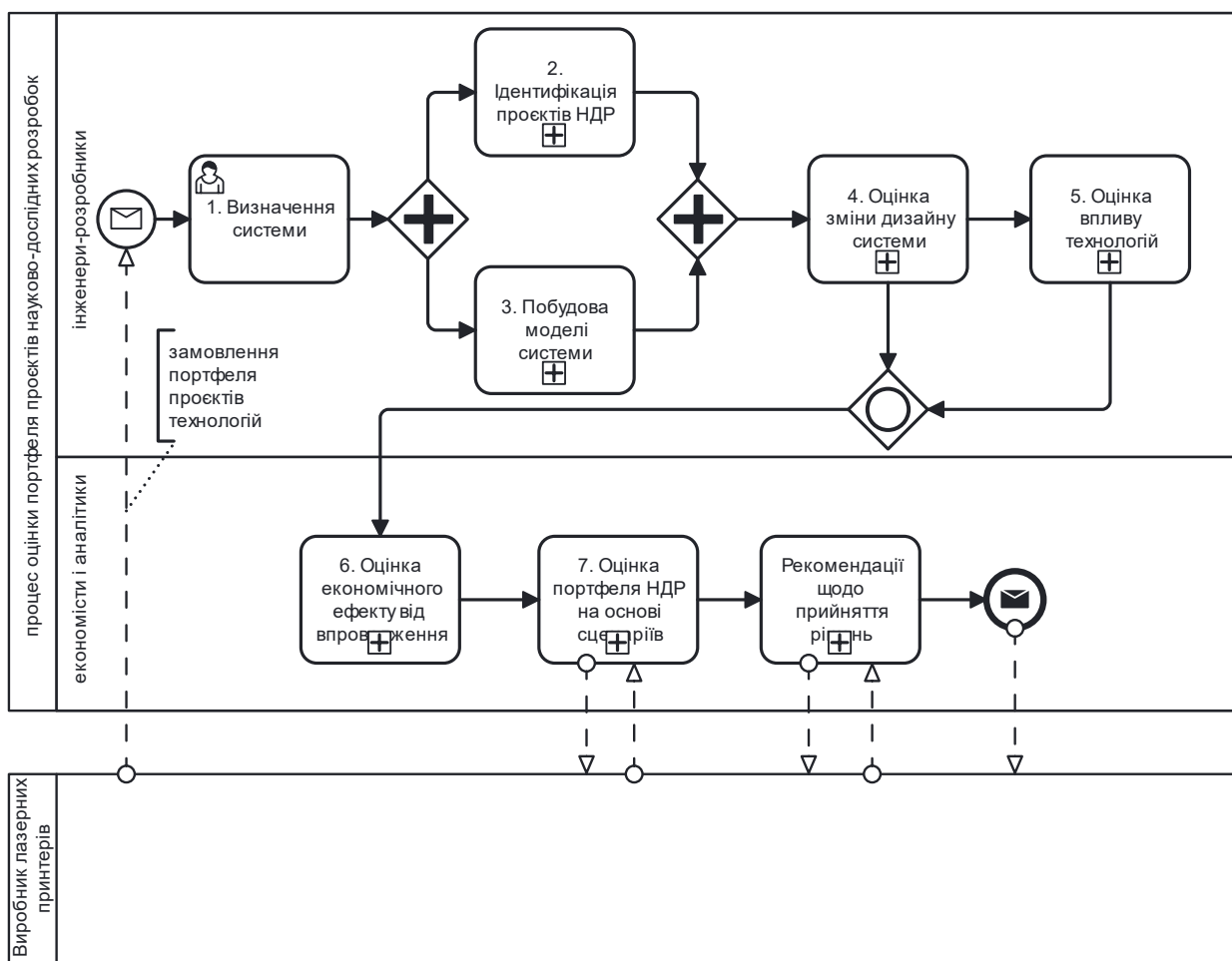


Рисунок 1.1 – Модель процесу оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок (R&D)

Для візуалізації процесів використовуються різноманітні графічні нотації, що дозволяють відобразити логіку та послідовність операцій [18]. Найбільш

вживаною є нотація BPMN (Business Process Model and Notation), яка забезпечує фіксацію функціональної послідовності дій [19, 20].

При моделюванні бізнес-процесів з використанням BPMN необхідно враховувати структуру елементів моделі, зокрема пулів, доріжок, потоків, підпроцесів та інших.

Схему процесу (рис. 1.1) рівня описового моделювання складено із використанням базових елементів нотації bpmn 2.0+. Процес розбитий на пули. Пул є просто контейнером, що містить в собі діаграму самого процесу. Пул може складатися з однієї, або з декількох доріжок, які тоді відповідають певним ролям, що задіяні в процесі.

Пули бувають: розгорнутими (white-box) і закритими (black-box). Розгорнутий пул містить дії, які якраз і стосуються самого процесу оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок. Дії цього пулу здійснюються спеціалізованими науково-дослідними організаціями, відомими як Research and Development (R&D) центри. Верхня доріжка пулу із роллю групи інженерів-розробників. Фаза економічної оцінки виконується роллю групи аналітиків і економістів. Згорнутий (або закритий) пул відображає роль або підрозділ, який є зовнішнім для певного процесу. В цьому випадку це виробник лазерних принтерів.

### 1.2.2 Методологія оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок

Запропонований процес оцінки портфеля проєктів НДР включає сім підпроцесів. Перші п'ять з них охоплюють інженерні аспекти оцінювання, тоді як останні два зосереджені на економічному аналізі портфеля.

У цій процесно-орієнтованій структурі виділяються на дві основні фази:

- інженерна оцінка (підпроцеси 1–5);
- економічна оцінка (підпроцеси 6–7)

Далі подано детальний опис кожного з етапів.

Етап 1. Визначення системи

Процес (рис. 1.1) розпочинається з визначення цільової системи, до якої планується інтеграція технологій-кандидатів. На цьому етапі уточнюються архітектура системи та ключові показники її продуктивності. Зазвичай така система вже існує і має усталену архітектуру. У цьому випадку основна мета полягає у визначенні технологій, які можуть бути впроваджені в наступному поколінні без зміни її структури. Якщо ж ідеться про нову систему, архітектуру необхідно сформулювати до початку оцінювання портфеля проєктів НДР.

Отже, основні завдання цього етапу:

- визначення архітектури системи;
- ідентифікація ключових показників продуктивності (KPI), які потребують покращення;
- встановлення меж системної архітектури, на які вплине впровадження технологій.

Цей етап формує основу для подальшого аналізу, оскільки обрані KPI визначають релевантність технологічних концепцій.

Етап 2. Ідентифікація набору проєктів НДР

На цьому етапі здійснюється:

- вибір технологій-кандидатів, здатних покращити визначені KPI;
- первинне фільтрування проєктів за критеріями сумісності з архітектурою та релевантності до KPI;
- додаткова фільтрація для зменшення складності аналізу та уникнення надмірної кількості комбінацій.

Особлива увага приділяється потенційній взаємодії технологій при їх одночасному впровадженні.

Етап 3. Побудова моделі системи

Для подолання невизначеності щодо інтеграції технологій створюється абстрактна модель системи з використанням структурної матриці проєктування Design Structure Matrix (DSM). Модель фіксує:

- основні елементи системи (апаратні або програмні);
- їхні взаємозв'язки.

#### Етап 4. Оцінка зміни дизайну системи

DSM використовується для моделювання змін у дизайні системи, спричинених впровадженням кожної технології. Це дозволяє:

- визначити масштаб змін;
- оцінити потребу в ресурсах для реалізації змін.

#### Етап 5. Оцінка впливу технологій

На цьому етапі оцінюється вплив кожної технології (або їх комбінацій) на продуктивність системи. Методи:

- моделювання та імітація (основний підхід).
- прототипування (альтернативний, але ресурсомісткий підхід).

#### Етап 6. Економічна оцінка впровадження технологій

Використовуючи дані з DSM, оцінюються:

- одноразові витрати (R&D, проектування, оснастка);
- поточні витрати (виробництво, складання, накладні витрати);
- очікувані доходи, пов'язані з покращенням KPI.

На основі цих даних розраховується прибутковість впровадження кожної технології.

#### Етап 7. Оцінка портфеля проєктів за сценаріями

Оцінюється фінансова життєздатність різних комбінацій проєктів НДР за трьома сценаріями [16, 17]:

- мінімізація інвестиційних витрат;
- максимізація прибутку;
- оптимізація рентабельності інвестицій.

На основі аналізу формується остаточна рекомендація для осіб, які приймають рішення.

### 1.3 Теоретичні відомості про методи

Фаза інженерної оцінки включає етап, або підпроцес «Створення моделі системи». Для зменшення невизначеності інтеграції технологій

використовується абстрактна модель системи на основі матриці структури проєктування (DSM). Етап «Оцінка зміни дизайну системи» теж реалізується на основі матриці DSM. Це моделювання є критично важливим для точної оцінки впливу змін дизайну, необхідних для впровадження певної технології, та відповідних потреб у ресурсах.

### 1.3.1 Метод моделювання Design Structure Matrix

Матриця структури проєктування (Design Structure Matrix, DSM) - це гнучкий метод моделювання, який широко застосовується для проєктування, розробки та управління складними системами. DSM дозволяє представити елементи системи та їх взаємозв'язки у вигляді компактної квадратної матриці, де рядки і стовпці відповідають окремим компонентам, а клітинки - типам взаємодій між ними [21].

Основна перевага DSM полягає в її візуальній наочності, інтуїтивності та потужних аналітичних можливостях. Метод підтримує різні типи залежностей, зокрема інформаційні потоки, матеріальні зв'язки, ієрархічні структури та послідовність виконання завдань (рис. 1.2).

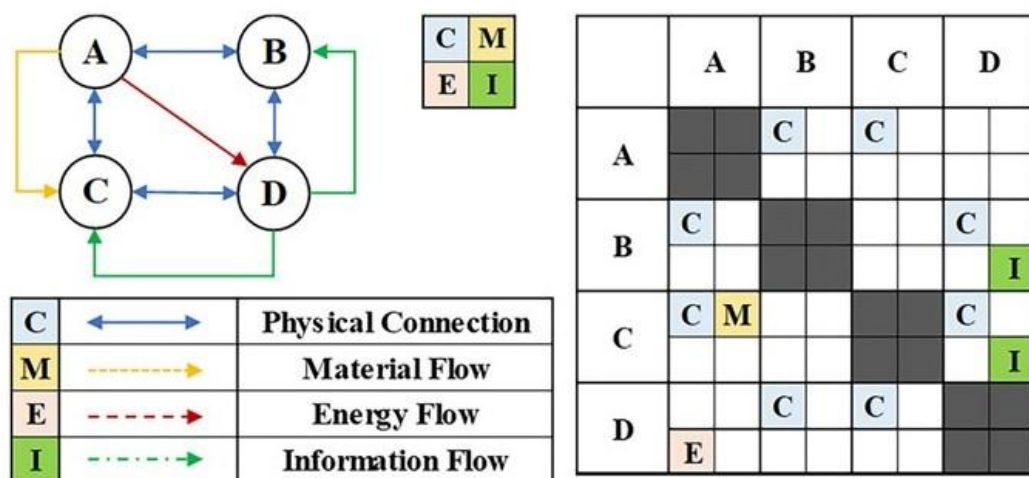


Рисунок 1.2 – Мережеве та DSM представлення гіпотетичної системи [13]

На рисунку 1.2 зображено гіпотетичну систему, представлену у вигляді мережі та матриці структури проектування (DSM), яка складається з чотирьох елементів: А, В, С і D. Ілюстрація демонструє різні типи зв'язків між елементами, зокрема фізичні зв'язки, матеріальні потоки, потоки енергії та інформації.

У DSM фізичні зв'язки відображаються симетрично відносно діагоналі матриці, що вказує на двосторонню взаємодію. Натомість матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки можуть бути односпрямованими, що відображається асиметричним розташуванням відповідних позначень у матриці.

Завдяки своїй універсальності, DSM знаходить застосування в багатьох галузях - від машинобудування та аерокосмічної промисловості до розробки програмного забезпечення та організаційного управління. Вона особливо корисна для аналізу архітектури систем, оптимізації процесів та виявлення критичних взаємозв'язків між елементами.

У DSM зміни в дизайні (додавання, модифікації, видалення елементів і потоків) документуються у дельта-матриці структури проекту ( $\Delta$ DSM) для оцінки цих змін.  $\Delta$ DSM розробляється наступним чином: спочатку з оригінальної DSM вилучаються всі зв'язки, потім додаються рядки та стовпці, що представляють нові елементи. Зміни в існуючих елементах ідентифікуються, і, нарешті, включаються нові та змінені з'єднання і потоки. На рисунку 1.3 представлено  $\Delta$ DSM для гіпотетичної системи, що демонструє інтеграцію нової технології.

На рисунку 1.3 представлена модернізація оригінальної системи, що складається з чотирьох елементів (А, В, С і D), шляхом інтеграції нових технологій. Модернізація включає в себе додавання трьох елементів (Е, F і G), модифікацію елемента С, а також встановлення нових фізичних зв'язків і потоків даних.

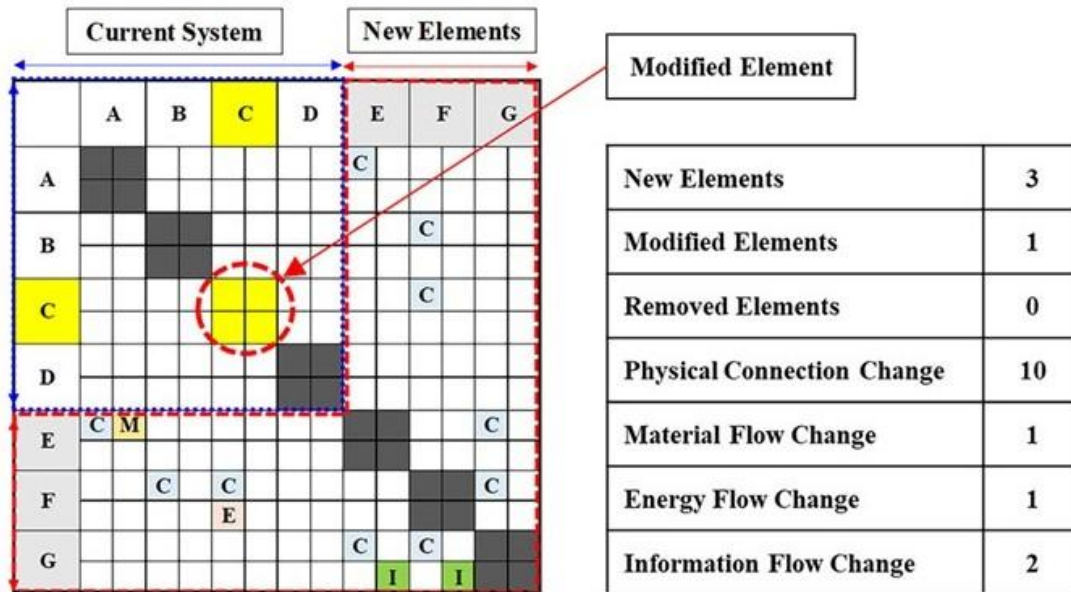


Рисунок 1.3 –  $\Delta$ DSM для гіпотетичної системи з інтегрованою новою технологією [13]

Застосування  $\Delta$ DSM для оцінювання модифікацій дизайну системи є ефективним підходом, оскільки потребує обмеженого обсягу первинної інформації щодо нової технології: виключно дані про нові, змінені або видалені компоненти, їхні взаємозв'язки та зміни у потоках між елементами системи. Розробка  $\Delta$ DSM надає системним інженерам можливість детальної перевірки кожного з'єднання та потоку, забезпечуючи оцінку змін дизайну для будь-яких потенційних технологій на основі порівнянних критеріїв [13, 16, 17].

Аналіз DSM дозволяє виявляти ключові характеристики системи, такі як цикли залежностей, критичні елементи та потенційні області для оптимізації. За допомогою спеціалізованих алгоритмів можна реорганізувати матрицю DSM для виявлення кластерів взаємопов'язаних елементів, що полегшує модульне проектування та управління складністю. Крім того, DSM може бути використана для моделювання еволюції системи з часом, що дозволяє оцінювати вплив змін на структуру та продуктивність.

### 1.3.2 Стандартні фінансові критерії прийняття рішень

Використання критеріїв ефективності інвестиційних проєктів допомагає аналітику ухвалити рішення щодо доцільності реалізації проєкту - схвалити, відхилити або змінити його.

Вибір конкретного критерію залежить від низки чинників, зокрема:

- ринкових перспектив проєкту;
- обмежень у фінансуванні;
- характеру грошових потоків і потенціалу прибутковості.

Хоча деякі критерії є загальновідомими та широко використовуються, аналітику важливо знати весь спектр доступних підходів, щоб обрати найбільш релевантну комбінацію для конкретного випадку.

Чиста приведена вартість (Net Present Value, NPV) — один із найпоширеніших критеріїв оцінки ефективності. У літературі також трапляються інші назви: дисконтована чиста вартість, чиста поточна цінність тощо.

Одна й та сама сума грошей має різну вартість сьогодні та в майбутньому, навіть без урахування інфляції. Це зумовлено тим, що наявні ресурси можна інвестувати різними способами для отримання додаткового доходу в майбутньому. Майбутня вартість певної суми коштів – це дохід, отриманий в майбутньому за умови її оптимального використання. Відповідно, сьогоднішня вартість суми  $C$  грн., що буде виплачена в майбутньому, – це мінімальна сума, яку потрібно інвестувати сьогодні, щоб отримати  $C$  грн. у майбутньому.

NPV — це різниця між поточною вартістю очікуваних вигід від проєкту та поточною вартістю витрат протягом усього його життєвого циклу. Для її обчислення необхідно:

- визначити ставку дисконту;
- дисконтувати грошові потоки витрат і вигід;
- підсумувати дисконтовані вигоди та витрати (останні — зі знаком мінус).

У фінансовому аналізі ставка дисконту зазвичай відповідає вартості капіталу для компанії. В економічному аналізі - це альтернативна вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути отриманий за найвигіднішого альтернативного інвестування.

Розрахувати NPV можна за наступними формулами:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (1.1)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1 + r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + r)^t} \quad (1.2)$$

де:  $B_t$  – вигоди проєкту в рік  $t$ ,

$C_t$  – витрати проєкту в рік  $t$ ,

$r$  - ставка дисконту,

$n$  - тривалість (строк життя) проєкту.

Основна перевага NPV полягає в тому, що усі розрахунки проводяться на основі грошових потоків, а не чистих доходів.

Інтерпретація результатів:

- $NPV > 0$  — проєкт доцільно реалізовувати;
- $NPV = 0$  — проєкт лише покриває витрати;
- $NPV < 0$  — проєкт економічно недоцільний.

За наявності бюджетних обмежень обирають такий проєкт, який максимізує NPV.

Однак, при застосуванні NPV виникають такі труднощі:

- складно визначити NPV у проєктах, до яких входять дрібніші проєкти.
- при порівнянні проєктів різної тривалості за NPV необхідне використання спеціальних процедур приведення строків до порівнюваного періоду.

Ще одним із найпоширеніших і найпростіших критеріїв оцінки ефективності інвестиційного проєкту є показник окупності інвестицій (ROI — Return on Investment). ROI показує, скільки прибутку або збитку приносить інвестиція відносно вкладених коштів. Він виражається у відсотках і дозволяє порівнювати ефективність різних проєктів або інвестицій.

$$ROI = \frac{(P - C)}{C} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

де:  $P$  - прибуток або загальні доходи від інвестиції (Profit),

$C$  - витрати або початкові інвестиційні вкладення (Cost).

#### 1.4 Фаза інженерної оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку

Дані для цієї роботи отримано з відкритих джерел реальних операцій провідного виробника систем друку. Для збереження конфіденційності деякі дані та результати нормалізовано або анонімізовано.

Серед різноманітних технологій друку найбільш поширеними залишаються лазерні системи, що базуються на ксерографічному принципі. Процес створення друкованого зображення включає низку взаємопов'язаних етапів, які забезпечують точне перенесення цифрового вмісту на папір (рис.1.4).

Після надсилання команди на друк документ передається до контролера, який перетворює його у формат, придатний для обробки лазерним модулем. Далі лазер формує зображення на поверхні фоточутливого барабана Organic Photoconductor (OPC), зарядженого електростатично. Заряджений тонер, нанесений за допомогою проявника, прилипає лише до освітлених ділянок барабана. Потім тонер переноситься на папір і фіксується під дією температури в термофіксаторі. Після завершення циклу барабан очищується та готується до наступного друку

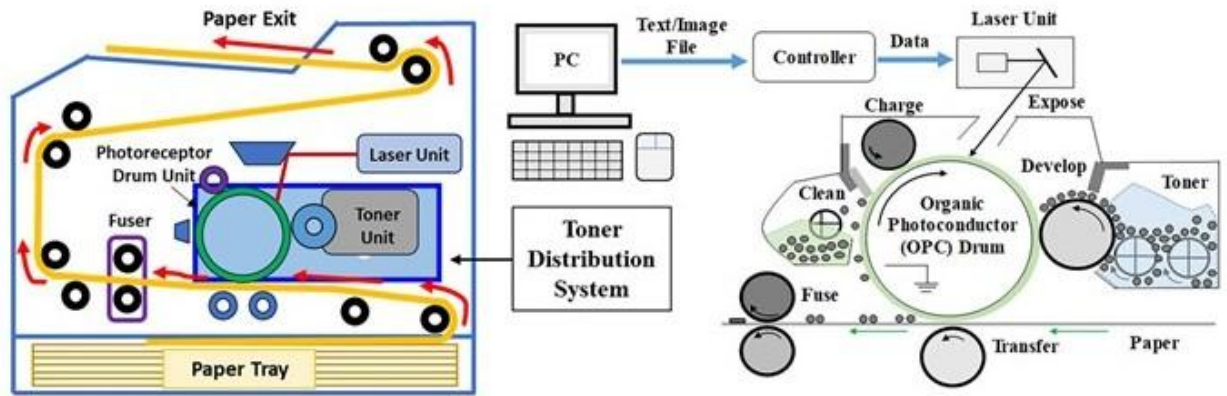


Рисунок 1.4 – Система лазерного друку і схема, що пояснює процес її друку[13]

### Етап 1. Визначення системи

Ключову роль у цьому процесі відіграє система розподілу тонера, яка складається з трьох основних компонентів: самого тонера, проявника та фотобарабана. Ця система відповідає за точне формування зображення та його перенесення на носій. У межах дослідження було детально проаналізовано роботу системи розподілу тонера в лазерному принтері формату А3 на основі реальних виробничих даних, наданих компанією-виробником. Межі досліджуваної підсистеми візуалізовано на рисунку 1.4 синім прямокутником.

Після встановлення меж досліджуваної системи наступним кроком є вибір ключового показника ефективності, який дозволяє об'єктивно порівнювати альтернативні технологічні рішення. У контексті поліграфічної галузі, де витрати мають вирішальне значення для конкурентоспроможності, особливу увагу приділяють економічним аспектам експлуатації обладнання.

До основних витрат, що впливають на загальну вартість володіння друкарською системою, належать початкові інвестиції в обладнання, а також витрати на витратні матеріали протягом усього життєвого циклу - зокрема, тонер, проявник і фотобарабан (OPC). Саме ці чинники часто визначають вибір споживача на ринку.

У цьому дослідженні як основну метрику продуктивності обрано *вартість друку однієї сторінки (CPP - Cost Per Page)* [13, 17]. Цей показник відображає

середні експлуатаційні витрати на створення одного відбитка, включаючи амортизовану вартість витратних матеріалів. CPP дозволяє точно оцінити економічну ефективність кожної кандидатської технології в умовах реального використання. Дослідження Jang, H., & Suh, E. S.[13] вказують на те, що на компоненти в системі розподілу тонера припадає приблизно 80% загального CPP, підкреслюючи значний потенціал для зниження витрат завдяки технологічним удосконаленням у цій сфері.

## Етап 2. Ідентифікація набору проєктів НДР

Зниження вартості друку однієї сторінки (CPP) є стратегічним пріоритетом для компаній поліграфічної галузі, оскільки цей показник безпосередньо впливає на конкурентоспроможність продукції на ринку. Компанія, яка надала вихідні дані для цього дослідження, активно працює в цьому напрямі, прагнучи оптимізувати ключові компоненти своїх друкарських систем.

Як показано вище, система розподілу тонера має суттєвий вплив на загальні експлуатаційні витрати. У зв'язку з цим команда інженерів і дослідників компанії ініціювала п'ять науково-дослідних проєктів, спрямованих на вдосконалення цієї підсистеми з метою зниження CPP. Перелік і коротка характеристика цих проєктів наведені в таблиці 1.1.

У межах дослідження розглядається п'ять науково-дослідних проєктів, спрямованих на вдосконалення системи розподілу тонера з метою зниження вартості друку однієї сторінки (CPP). Кожен із проєктів має потенціал впливу на окремі аспекти продуктивності та витрат, зокрема - точність подачі тонера, зносостійкість компонентів і ефективність використання витратних матеріалів.

У цьому дослідженні проєкти аналізуються як окремо, так і в комбінації, з метою оцінки їхнього впливу на зниження CPP. Особлива увага приділяється можливому синергійному ефекту, який може виникнути при одночасному впровадженні кількох рішень. Такий підхід дозволяє виявити найбільш ефективні комбінації проєктів для включення до портфеля НДР за умов обмежених ресурсів.

Таблиця 1.1

**Кандидати проєктів до портфеля науково-дослідних розробок для системи лазерного друку з метою зниження Cost Per Page**

Номер проєкту	Найменування проєкту	Опис проєкту	Компонент системи, що зазнає змін
P1	Технологія датчика визначення залишкового тонера	Розробка сенсорної системи для точного вимірювання залишків тонера. Забезпечує високу точність, але потребує додаткових компонентів і простору в конструкції.	Тонер
P2	Технологія очищення барабана OPC	Впровадження нової методики очищення фотобарабана для зменшення зносу та покращення якості друку. Спрямована на підвищення надійності та зниження витрат на обслуговування.	Фотобарабан
P3	Технологія вимірювання тонера на основі сенсорної панелі	Інтеграція сенсорної панелі для моніторингу рівня тонера в реальному часі. Підвищує точність контролю, але вимагає додаткових ресурсів.	Тонер
P4	Технологія змащування поверхні барабана OPC	Розробка системи змащування для продовження терміну служби фотобарабана. Зменшує частоту заміни компонентів і знижує експлуатаційні витрати.	Фотобарабан
P5	Технологія леза для вирівнювання тонера	Створення нового леза з економічно ефективних матеріалів для рівномірного розподілу тонера. Очікується зниження вартості проявника та CPP.	Проявник

### Етап 3. Побудова моделі системи

Робочою групою інженерів-розробників побудовано модель системи розподілу тонера, яка використовується як базова основа для подальшого аналізу технології інфузії. Візуалізація моделі DSM цієї системи наведена в Додатку В.

У представлений моделі система розподілу тонера структурована у вигляді трьох функціональних блоків: блок тонера, фотобарабана OPC та блок проявника. Кожен із цих блоків деталізовано до рівня окремих компонентів, які відображено у вигляді рядків і стовпців у матриці структури проєктування (DSM).

Типи взаємозв'язків між компонентами кодуються спеціальними позначеннями в недиагональних клітинках матриці:

- С - фізичні з'єднання;
- М - потоки матеріалів;
- Е - потоки енергії;
- І - інформаційні потоки.

Загалом система включає 50 компонентів, між якими зафіксовано:

- 202 фізичних з'єднання;
- 36 матеріальних потоків;
- 2 енергетичні потоки;
- 2 інформаційні потоки.

Найбільш вираженим є потік матеріалу - зокрема, переміщення частинок тонера, що підкреслює ключову функцію системи: забезпечення точного та ефективного перенесення тонера на носій.

#### Етап 4. Оцінка зміни дизайну системи

Після побудови базової моделі DSM, наведеної на рисунку С.1 Додатка С, здійснюється аналіз змін у конструкції системи, які виникають у результаті впровадження кожної з запропонованих технологій. Для цього використовується модифікована матриця  $\Delta$ DSM, що відображає структурні відмінності порівняно з початковою конфігурацією. Кожен із науково-дослідних проєктів, перелічених у таблиці 1.1, оцінюється окремо.

На рисунку 1.5 представлено приклад  $\Delta$ DSM для технології P1 - сенсора виявлення залишкового тонера. Зліва показано змінені зв'язки в системі, а праворуч - деталізація конструктивних змін. Із міркувань конфіденційності назви компонентів у моделі були анонімізовані

Аналіз змін за допомогою моделі  $\Delta$ DSM показує, що впровадження технології P1 потребує інтеграції 14 нових компонентів, модифікації 4 наявних, а також спричиняє 62 зміни у фізичних з'єднаннях. Крім того, додаються 2 нові потоки енергії та 2 інформаційні потоки.

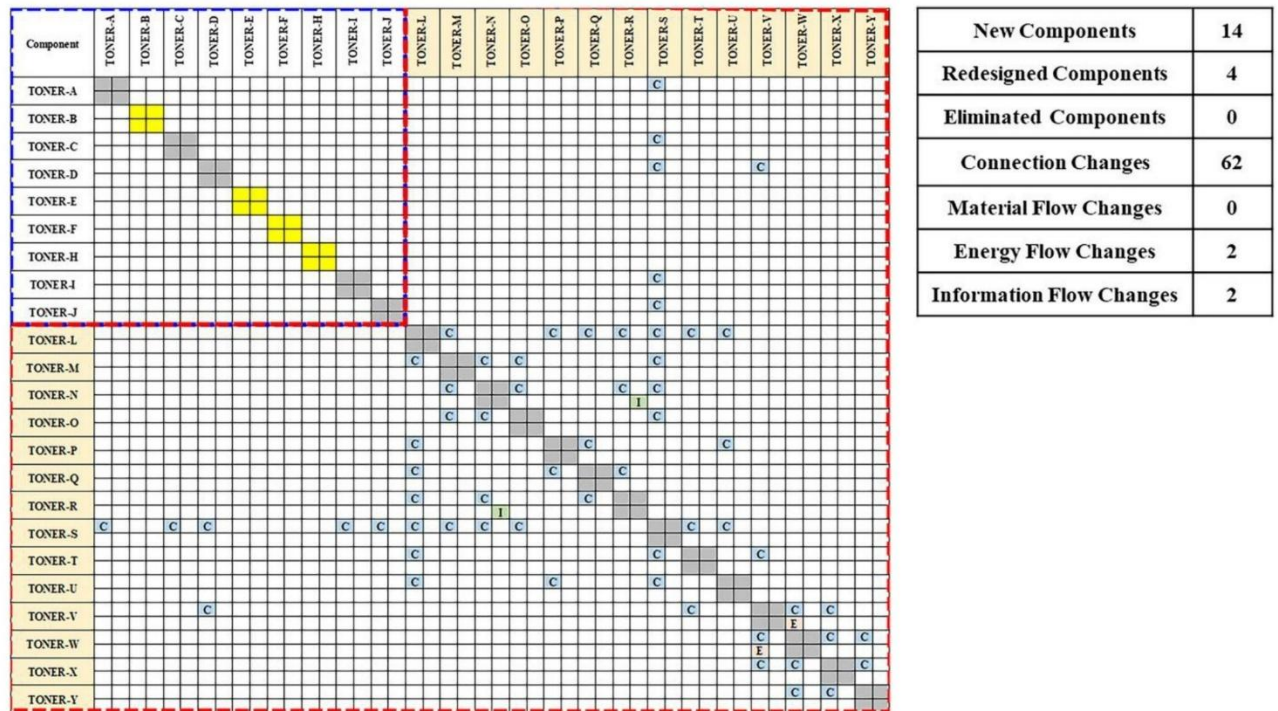


Рисунок 1.5 – Модифікована матриця  $\Delta$ DSM для інфузії технології P1 [13]

У таблиці 1.2 узагальнено результати оцінки конструктивних змін для всіх п'яти науково-дослідних проєктів, наведених у таблиці 1.1.

Таблиця 1.2

### Результати оцінки конструктивних змін для всіх п'яти науково-дослідних проєктів

Зміни дизайну	P1	P2	P3	P4	P5
Нові компоненти	14	10	13	13	6
Перероблені компоненти	4	3	2	2	2
Виключені компоненти	0	0	0	0	0
Зміни у фізичних з'єднаннях	62	46	60	48	36
Зміни потоків матеріалу	0	4	0	4	4
Зміни потоків енергії	2	0	0	2	0
Зміни потоків інформації	2	0	8	0	0

У таблиці наведено порівняльні характеристики впливу кожного з п'яти проєктів на структуру системи розподілу тонера. Для кожної технології оцінено

кількість нових, перероблених та виключених компонентів, а також зміни у фізичних з'єднаннях і потоках матеріалу, енергії та інформації.

P1 має найбільший обсяг змін: 14 нових компонентів, 4 модифікованих, 62 зміни з'єднань, а також по 2 нових потоки енергії та інформації.

P2 і P4 демонструють однакову кількість нових компонентів (10 і 13 відповідно) та змін у матеріальних потоках (по 4), але P4 також включає 2 нових енергетичних потоки.

P5 є найменш інвазивним: лише 6 нових компонентів, 2 перероблених і жодних змін у потоках.

P3 вирізняється значними змінами в інформаційному потоці (8), що свідчить про її потенціал у сфері цифрового контролю.

На основі аналізу узагальнених результатів було сформовано оцінки конструктивних змін для всіх п'яти науково-дослідних проєктів. Для наочності побудовано стовпчиковий графік, який візуально порівнює проєкти P1–P5 за різними типами змін у конструкції системи

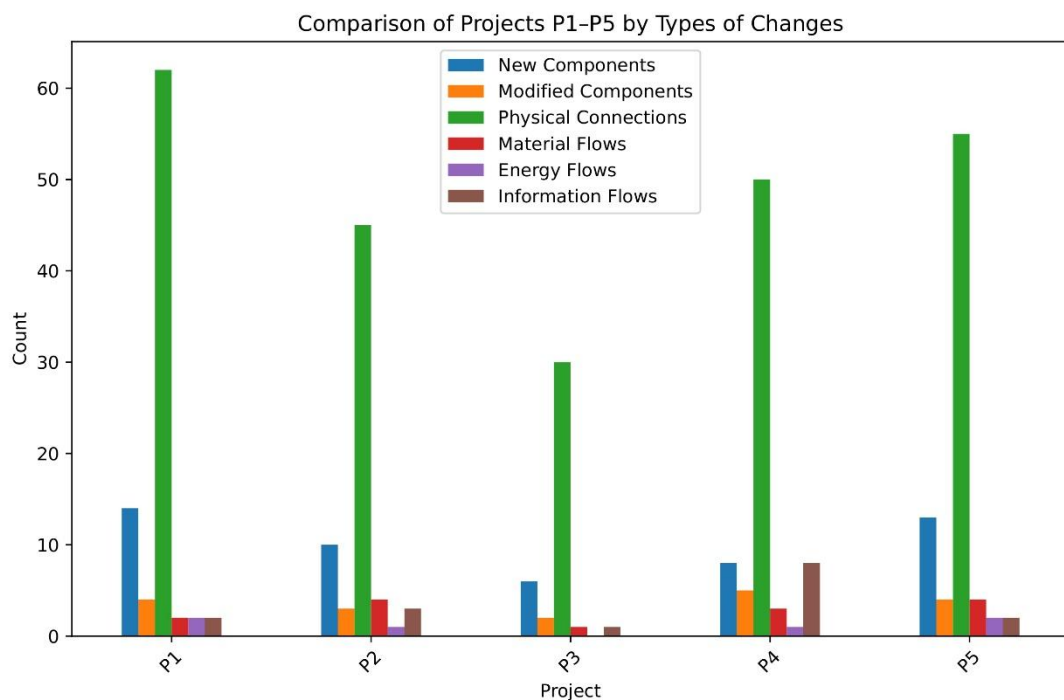


Рисунок 1.6 – Порівняння проєктів P1–P5 за різними типами змін у конструкції системи друку

Цей графік дозволяє легко оцінити, які проекти мають найбільший вплив за кожним із параметрів.

Ці дані слугують основою для подальшого аналізу економічної доцільності впровадження кожної технології з урахуванням їхнього впливу на загальну вартість системи.

#### Етап 5. Оцінка впливу технології

У цьому прикладі кожну з запропонованих технологій проаналізовано з точки зору її потенціалу підвищити продуктивність системи друку. В якості ключового показника ефективності обрано вартість друку на одну сторінку (СРР). За допомогою поєднання власних імітаційних моделей та тестування прототипів було оцінено очікуване зниження СРР для кожної технології. Отримані результати подано у вигляді відсоткового зменшення відносно СРР чинної системи. У таблиці 1.3 представлено прогнозовані скорочення СРР для кожного з розглянутих проектів впровадження технологій.

Таблиця 1.3

#### **Очікувані скорочення СРР для проектів впровадження технологій, які розглядаються**

	P1	P2	P3	P4	P5
Зниження СРР (%)	1,16%	0,70%	0,29%	0,31%	1,05%
Компонент системи, що зазнає змін	Тонер	барабан OPC	Тонер	барабан OPC	Проявник

Аналіз очікуваного зниження вартості друку на одну сторінку (СРР) для п'яти проектів впровадження технологій (P1–P5) свідчить про різний рівень ефективності запропонованих змін. Найбільше зниження СРР демонструє проект P1 (1,16%), що передбачає зміну тонера. Друге місце посідає P5 із показником 1,05%, де зміни стосуються проявника. Найменший ефект спостерігається у проекті P3 (0,29%), який також стосується зміни тонера.

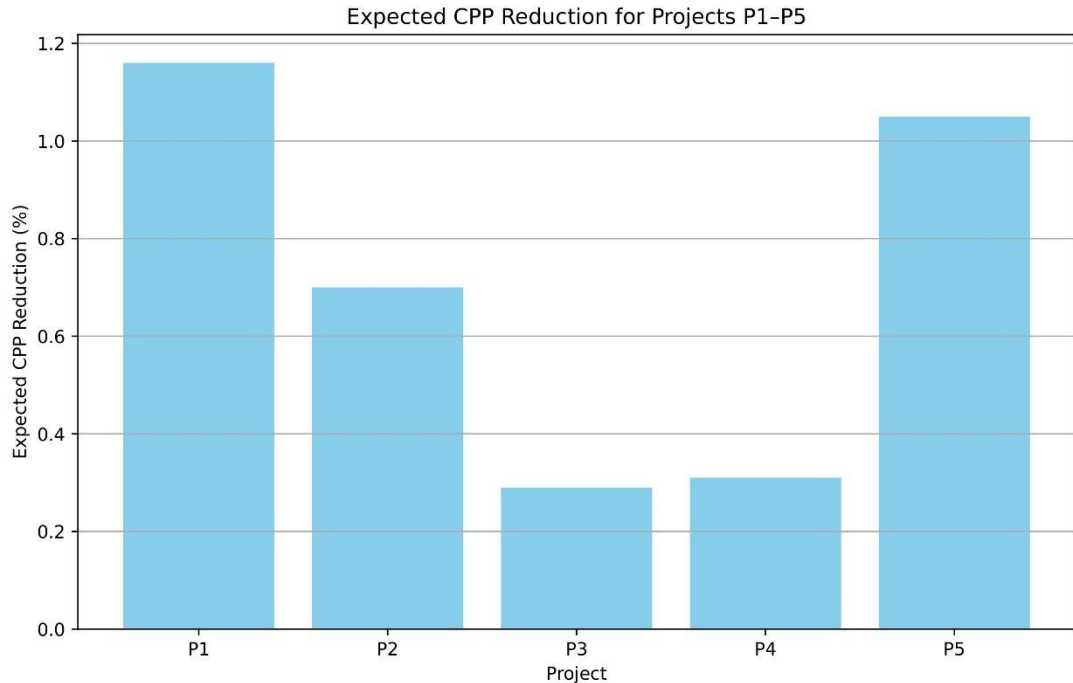


Рисунок 1.7 – Очікуване зниження вартості друку на одну сторінку (СРР) для кожного з п'яти проєктів (Р1–Р5):

Цікаво, що зміни одного й того ж компонента (наприклад, тонера у Р1 і Р3 або барабана ОРС у Р2 і Р4) дають різні результати, що може свідчити про відмінності в реалізації технологій або умовах тестування. Це підкреслює важливість не лише вибору компонента для модифікації, а й конкретного підходу до його вдосконалення.

Загалом, найбільш перспективними з точки зору зниження СРР є проєкти Р1 і Р5, які доцільно розглядати як пріоритетні для подальшого впровадження.

### 1.5 Постановка задач дослідження для фази економіко-аналітичної оцінки

Фаза інженерної оцінки завершилася ідентифікацією перспективних технологій, аналізом необхідних конструктивних змін для їх інтеграції, а також оцінкою їхнього впливу на функціонування цільових систем. Отримані результати створюють основу для подальшого аналізу економічної доцільності.

Наступним етапом є економіко-аналітична оцінка, яка передбачає визначення життєздатності як окремих НДР-проектів, так і їхніх можливих комбінацій у межах портфеля. Цей аналіз базується на технічних висновках попереднього етапу та має на меті сформувані обґрунтовані рекомендації щодо оптимального складу портфеля проектів з урахуванням різних сценаріїв впровадження.

Після завершення інженерної оцінки, наступним етапом дослідження є економіко-аналітична оцінка, метою якої є визначення фінансової доцільності впровадження технологій у рамках проектів НДДКР.

Для досягнення цієї мети ставляться такі *задачі дослідження*:

1. Оцінити економічний вплив впровадження кожної з технологій:
  - Визначити одноразові витрати, пов'язані з розробкою, проектуванням і впровадженням технологій у систему.
  - Оцінити очікувані доходи на основі покращених показників продуктивності системи та прогнозованого попиту.
2. Провести аналіз грошових потоків з урахуванням дисконтування для обчислення чистої приведеної вартості (NPV):
  - Визначити інші фінансові метрики, зокрема ROI.
3. Оцінити фінансову життєздатність портфелів проектів НДДКР у різних сценаріях:
  - Сформувані альтернативні сценарії оцінки (мінімізація інвестицій, максимізація прибутку, оптимальний баланс).
  - Провести порівняльний аналіз портфелів проектів у межах кожного сценарію.
4. Сформувані остаточні рекомендації для прийняття рішень
  - Визначити пріоритетні проекти або комбінації проектів для реалізації.
  - Надати обґрунтовані рекомендації щодо оптимального складу портфеля НДДКР з урахуванням стратегічних цілей і фінансових обмежень.

## РОЗДІЛ 2

### СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

#### 2.1. Оцінка економічного впливу впровадження технологій для системи лазерного друку

Індустрія поліграфії зазнала кардинальних змін після впровадження технології ксерографії, що започаткувала еру масового копіювання та друку. У таких умовах стратегічне управління інноваційними проєктами набуває особливої важливості. Одним із ключових напрямів інновацій є вдосконалення системи розподілу тонера в принтерах, що безпосередньо впливає на якість друку, витрати та продуктивність.

##### 2.1.1 Оцінка інвестиційної складової проєктів впровадження технологій

У межах перших п'яти кроків процесу оцінки портфеля проєктів науково-дослідних розробок (рис. 1.1) було здійснено всебічний аналіз інженерних аспектів проєктів впровадження технологій. Основна увага приділялася прогнозованим конструктивним змінам у системі друку та очікуваному зниженню вартості друку на одну сторінку (CPP). Ці технічні оцінки стали основою для подальшого економічного аналізу.

Дані для цієї роботи отримано з відкритих джерел реальних операцій провідного виробника систем друку. Визначити одноразові витрати, пов'язані з розробкою, проєктуванням і впровадженням технологій у систему і потенційні доходи для кожного технологічного проєкту можливо лише на основі накопичених системних даних. Для цього скористаємось інформацією залучених експертів з розробки систем розподілу тонера, які надали обґрунтовані оцінки витрат, спираючись на свій багаторічний досвід та накопичені системні дані [13]. Зокрема, у таблиці 2.1 детально представлено початкові інвестиційні витрати для

проєкту P1, що стосується розробки сенсора визначення залишкового тонера. Наведені значення є масштабованими оцінками первинних витрат, необхідних для реалізації технології.

Таблиця 2.1

**Розподіл інвестиційних витрат для проєкту технології розробки сенсора визначення залишкового тонера (P1)**

ID витрат	Вид витрат	Вартість, у.г.о.	Центр витрат	Статті витрат
A0	Інвестиційна вартість проєкту P1	<b>520350</b>		
A1	Вартість нового інструменту	294000		
A1.1		164 000	Toners Left_right	Структурні зміни при складанні сенсора
A1.2		72500	Toners S-V	Структурні зміни при складанні сенсора а
A1.3		57500	Toners W-Y	Зміна конструкції редуктора замкової конструкції
A2	Вартість модифікованого інструменту	7150		
A2.1		3250	Toners Left_right	Структурні зміни при складанні сенсора
A2.2		3900	Toners S-V	Структурні зміни при складанні сенсора
A3	Витрати на розробку та оплата праці	187200		
A3.1		50700	Toners Left_right	Оплата праці
A3.2		72800	Toners S-V	Оплата праці
A3.3		37700	Toners W-Y	Оплата праці
A3.4		26000	Програмне забезпечення	Розробка та модифікація програмного забезпечення
A4	Вартість тестування	32000	Датчик залишкового тонера	Вартість тестування впровадження

Важливо зазначити, що ці витрати стосуються лише інтеграції запропонованих технологій у систему друку і не охоплюють повну вартість модернізації всієї системи.

Взявши за основу базову модель DSM, наведену на рисунку С.1 Додатка С, та результати оцінки конструктивних змін для всіх п'яти науково-дослідних проєктів (табл. 1.2), а також інформацію про початкові інвестиційні витрати за видами витрат проєктів, проведено розрахунки розподілу інвестиційних витрат за наступними проєктами. Так, розробка нової технології очищення для барабана ОРС, яка мінімізує знос поверхні після перенесення тонера, збільшуючи довговічність барабана та зменшуючи СРР, призвела до витрат представлених в табл.2.2.

Таблиця 2.2

**Розподіл інвестиційних витрат для проєкту технології очищення  
фотобарабана (P2)**

ID витрат	Вид витрат	Вартість, у.г.о.	Центр витрат	Статті витрат
B0	Інвестиційна вартість проєкту P2	<b>341900</b>		
B1	Вартість нового інструменту	163000		
B1.1		72800	Drum A-F	Структурні зміни при складанні блока очищення
B1.2		90500	Drum P-Q	Зміна конструкції очищення барабанного блоку
B2	Вартість модифікованого інструменту	5200		
B2.1		2250	Drum A-F	Структурні зміни при налаштуванні роликів
B2.2		1700	Drum G-O	Модифікація конструкції очищення барабанного блоку
B2.3		1250	Drum P-Q	Модифікація конструкції очищення барабанного блоку
B3	Витрати на розробку та оплата праці	141700		
B3.1		55100	Drum A-F	Оплата праці
B3.2		42800	Drum G-O	Оплата праці
B3.3		43800	Drum P-Q	Оплата праці
B4	Вартість тестування	32000	Технологія очищення фотобарабана	Вартість тестування впровадження

Впровадження технології з сенсорною панеллю для точного вимірювання залишкового тонера забезпечує найвищу точність, але потребує додаткових компонентів і простору, що зумовлює інвестиційні витрати, наведені в таблиці 2.3. Це технологічний проєкт P3.

Таблиця 2.3

**Розподіл інвестиційних витрат для проєкту технології вимірювання залишкового тонера на основі сенсорної панелі (P3)**

ID витрат	Вид витрат	Вартість, у.г.о.	Центр витрат	Статті витрат
C0	Інвестиційна вартість проєкту P3	<b>492700</b>		
C1	Вартість нового інструменту	208000		
C1.1		78 000	Toners Left-Righ	Структурні зміни при складанні блока тонера
C1.2		58000	Toners S-V	Структурні зміни при складанні блока тонера а
C1.3		72000	Toners W-Y	Зміна конструкції для розміщення сенсорної панелі
C2	Вартість модифікованого інструменту	52000		
C2.1		3250	Toners Left-Righ	Структурні зміни при складанні блока тонера
C2.2		7800	Toners S-V	Структурні зміни при складанні блока тонера
C2.3		40950	Toners W-Y	Модифікація конструкції для розміщення сенсорної панелі
C3	Витрати на розробку та оплата праці	201500		
C3.1		16500	Toners Left-Righ	Оплата праці
C3.2		16500	Toners S-V	Оплата праці
C3.3		90500	Toners W-Y	Оплата праці
C3.4		78000	Програмне забезпечення	Розробка та модифікація програмного забезпечення
C4	Вартість тестування	32000	Вимірювання тонера на основі сенсорної панелі	Вартість тестування впровадження

Стосовно проєкту Р4. Впровадження технології змащування поверхні барабана ОРС шляхом розробки спеціальної техніки змащування спрямоване на подовження терміну служби його покриття. Це, у свою чергу, дозволяє збільшити загальний ресурс барабана та знизити вартість друку на одну сторінку (СРР), що зумовлює відповідні інвестиційні витрати, наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

**Розподіл інвестиційних витрат для проєкту технології змащування  
поверхні фотобарабана (Р4)**

ID витрат	Вид витрат	Вартість, у.г.о.	Центр витрат	Статті витрат
D0	Інвестиційна вартість проєкту Р4	<b>434200</b>		
D1	Вартість нового інструменту	234000		
D1.1		104 000	Drum A-G	Структурні зміни при складанні блока змащування
D1.2		67500	Drum J-O	Зміна конструкції змащування барабанного блоку
D1.3		62500	Drum P-Q	Зміна конструкції змащування барабанного блоку
D2	Вартість модифікованого інструменту	3900		
D2.1		1900	Drum A-G	Структурні зміни при налаштуванні блока
D2.2		2000	Drum J-O	Модифікація конструкції змащування барабанного блоку
D3	Витрати на розробку та оплата праці	165100		
D3.1		65500	Drum A-F	Оплата праці
D3.2		70700	Drum G-O	Оплата праці
D3.3		28900	Drum P-Q	Оплата праці
D4	Вартість тестування	32000	Технологія змащування фотобарабана	Вартість тестування впровадження

Впровадження технології леза для вирівнювання тонера (P5) передбачає створення конструкції, що забезпечує рівномірний розподіл тонера на блоці проявника з використанням економічно ефективних матеріалів. Це дозволяє знизити собівартість проявника та зменшити вартість друку на одну сторінку (СРР), що зумовлює відповідні інвестиційні витрати, наведені в таблиці 2.5.

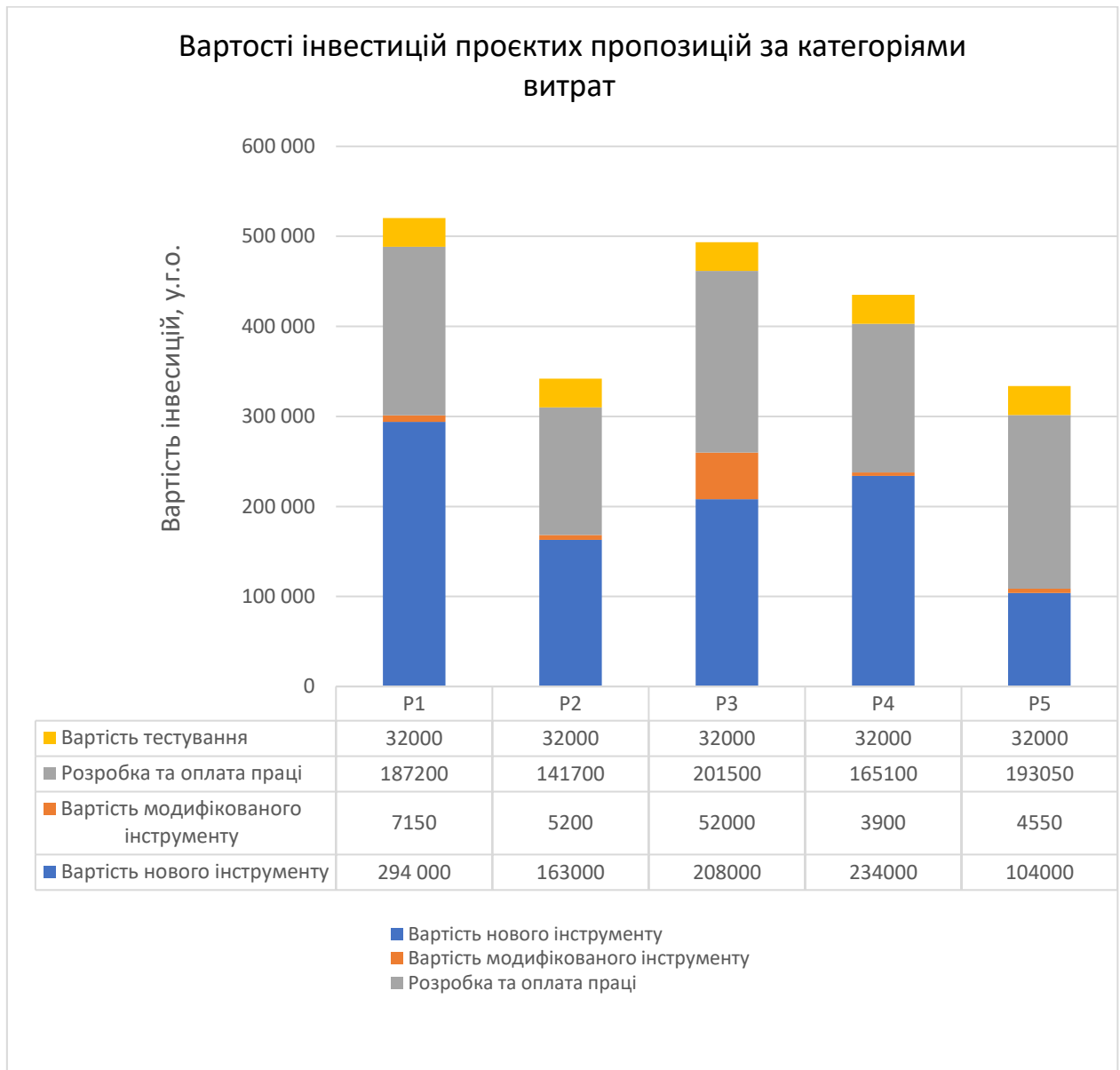
Таблиця 2.5

**Розподіл інвестиційних витрат для проєкту технології леза для  
вирівнювання тонера на блоці проявника (P5)**

ID витрат	Категорія витрат	Вартість, у.г.о.	Центр витрат	Статті витрат
F0	Інвестиційна вартість проєкту P5	<b>332800</b>		
F1	Вартість нового інструменту	104000		
F1.1		32500	Deve A-F	Структурні зміни при складанні блока проявника
F1.2		40500	Deve M-O	Зміна конструкції леза проявника
F1.3		31000	Deve U	Зміна конструкції проявника
F2	Вартість модифікованого інструменту	4450		
F2.1		2050	Deve A-F	Структурні зміни при налаштуванні блока
F2.2		1500	Deve M-O	Модифікація конструкції розподілу тонера на блоці проявника
F2.3		1000	Deve U	Модифікація конструкції проявника
F3	Витрати на розробку та оплата праці	193050		
F3.1		65200	Deve A-F	Оплата праці
F3.2		70800	Deve M-O	Оплата праці
F3.3		57050	Deve U	Оплата праці
F4	Вартість тестування	32000	Технологія леза для вирівнювання тонера	Вартість тестування впровадження

Для зручності сприйняття рисунок 2.1 ілюструє початкові інвестиційні витрати для всіх технологічних проєктів як у табличному, так і в графічному

форматах. Загальні витрати на впровадження кожної технології відображено у верхньому написі в дужках. Важливо зазначити, що ці витрати стосуються лише інтеграції запропонованих технологій у систему друку і не охоплюють повну вартість модернізації всієї системи.



**Рисунок 2.1 – Оцінка інвестиційної складової проєктів впровадження технологій**

Аналіз структури інвестиційних витрат для п'яти технологічних проєктів (P1–P5) показав суттєві відмінності як у загальному обсязі витрат, так і в їх розподілі за категоріями. Найбільші загальні витрати спостерігаються у проєкті P1, що зумовлено високими витратами в категоріях «вартість нового

інструменту» та «витрати на розробку та оплата праці». Проєкт P3 вирізняється значним обсягом витрат у категорії «вартість модифікованого інструменту», що може свідчити про складність або специфіку реалізації відповідної технології, а саме зміни конструкції системи друку для розміщення сенсорної панелі.

Проєкти P2 і P4 демонструють більш збалансовану структуру витрат, із помірними значеннями в усіх категоріях. Водночас P5 має найнижчі витрати в категорії «вартість нового інструменту», але досить високі в категорії «витрати на розробку та оплата праці», що вказує на потенційно нижчі початкові інвестиції, але вищі витрати на реалізацію або підтримку.

Загалом, отримані результати дозволяють зробити попередню оцінку фінансової привабливості кожного проєкту та сформувавши основу для подальшого економічного аналізу з урахуванням очікуваних доходів і показників прибутковості.

### 2.1.2 Оцінка очікуваного доходу від впровадження технологій.

На цьому етапі дослідження здійснюється оцінка очікуваного граничного доходу, який може бути отриманий внаслідок впровадження кожного з технологічних проєктів (P1 - P5). Під граничним доходом розуміється додатковий дохід, що виникає саме завдяки впровадженню нової технології, а не загальний дохід від функціонування всієї системи друку.

Спираючись на досвід і аналітику експертів з продажу та обслуговування систем розподілу тонера (рис., сформовано методику розрахунку очікуваного граничного доходу від впровадження технологій.

#### 1. Прогнозування попиту.

- На системи друку з інтегрованою системою розподілу тонера: було спрогнозовано річний попит на такі системи протягом усього життєвого циклу виробництва, який зазвичай триває 5 років. Очікується, що попит залишатиметься стабільним, незалежно від технологічних змін, що відповідає поточним ринковим тенденціям.

- На окремі блоки системи розподілу тонера: після завершення виробництва систем друку, окремі компоненти - блок тонера, барабан OPC і проявник - продовжують продаватися ще протягом 5 років. Це пов'язано з їх витратним характером і необхідністю підтримки вже встановлених систем. Таким чином, загальний період попиту на ці компоненти охоплює до 10 років.

## 2. Розрахунок граничного доходу

Використовуючи оцінки попиту, було розраховано граничний дохід для кожного технологічного проєкту. Цей дохід базується на зниженні вартості друку на одну сторінку (CPP), досягнутому завдяки впровадженню технології, за умови незмінності цін на системи друку та їхні компоненти. Такий підхід відповідає ринковим очікуванням, згідно з якими нові покоління продуктів мають забезпечувати вищу ефективність без підвищення вартості.

## 3. Фактори, що впливають на попит.

Попит на компоненти системи розподілу тонера визначається чотирма ключовими чинниками:

- загальним попитом на системи друку з відповідною технологією;
- тривалістю експлуатації системи друку (приблизно 5 років);
- загальною кількістю відбитків, створених протягом життєвого циклу;
- ресурсом кожного компонента до моменту його заміни.

## 4. Візуалізація попиту.

На рисунку 2.2 представлено прогнозований річний попит на системи друку та окремі блоки системи розподілу тонера протягом 10-річного періоду. Зокрема, попит на блоки тонера є найвищим, оскільки кожна система потребує чотири кольорові картриджі (СМУК), які мають коротший термін служби порівняно з іншими компонентами.

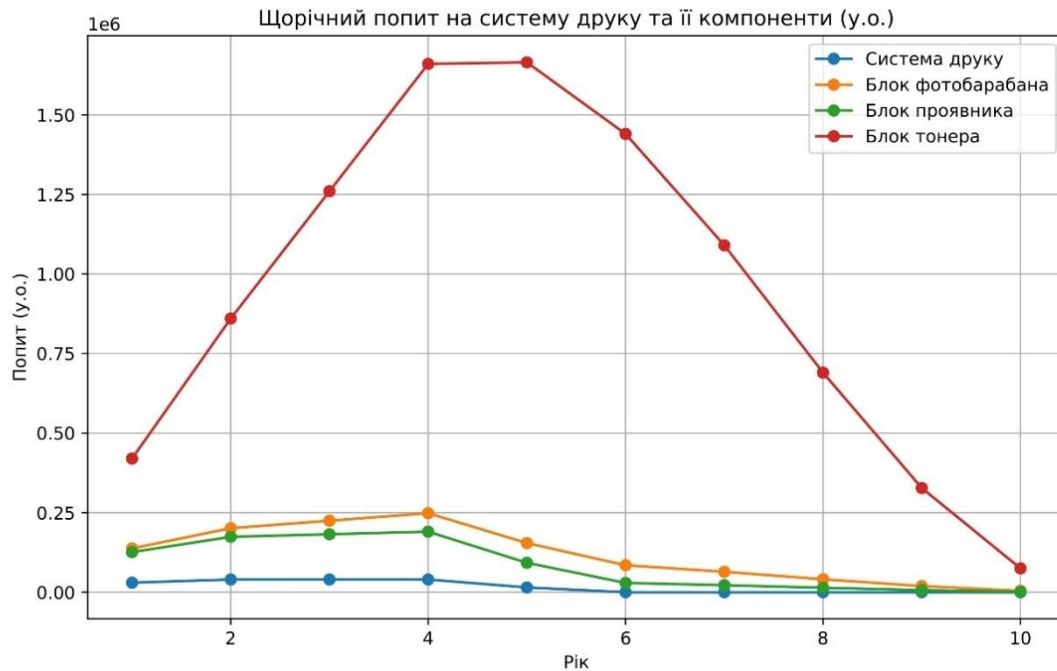


Рисунок 2.2 – Прогнозована щорічна потреба в системі друку та основних елементах системи розподілу тонера: тонерному блоці, барабанному блоці OPC і блоці проявника ( на основі рис. В.2, додатку В)

Короткий аналіз очікуваного доходу від впровадження технологій:

- нова система друку активно продається протягом перших 5 років, після чого її поступово замінює модель нового покоління;
- блок тонера має найвищий попит, особливо в роки 3–5, і це пояснюється тим, що кожна система потребує чотирьох кольорових картриджів (СМУК) для повноцінної роботи, а їхній ресурс, як правило, вичерпується швидше, ніж у решти елементів системи;
- блок фотобарабана та блок проявника залишаються у виробництві ще на п'ятирічний період, щоб забезпечити обслуговування вже встановлених пристроїв до завершення їхнього експлуатаційного ресурсу.

## 2.2 Аналіз грошових потоків з урахуванням дисконтування для обчислення чистої приведеної вартості (NPV)

На основі прогнозованого попиту, представленого на рисунку В.2, а також інвестиційних витрат, наведених у таблиці 2.1, і очікуваних скорочень питомих витрат на виробництво (СРР) з таблиці 1.3, було здійснено розрахунок річного грошового потоку для першого технологічного проєкту (P1). У таблиці 2.6 спочатку подано недисконтовані річні грошові потоки для P1, що дозволяє оцінити базову фінансову динаміку проєкту без урахування фактора часу. Наступним кроком у фінансовому аналізі стало визначення граничної чистої приведеної вартості (NPV) для кожного технологічного проєкту. У цьому контексті термін «гранична» означає, що враховуються лише ті додаткові витрати та доходи, які безпосередньо пов'язані з реалізацією конкретного проєкту, тобто приріст вартості порівняно з базовим сценарієм.

Таблиця 2.6

### Грошові потоки від впровадження технології розробки сенсора визначення залишкового тонера (P1)

Рік	Інвестиції, у.г.о.	Грошовий потік, у.г.о	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік, у.г.о
1	520 350	126 000	0,962	121 153,8
2	-	258 095	0,925	238 623,3
3	-	377 804	0,889	335 866,3
4	-	493 627	0,855	421 954,3
5	-	492 116	0,822	404 483,3
6	-	425 815	0,790	336 527,6
7	-	320 832	0,760	243 805,8
8	-	201 313	0,731	147 097,4
9	-	94 170	0,703	66 162,55
10	-	20 993	0,676	14 182,11
Разом	520 350	2 810 765	-	2 329 857
			<b>NPV=</b>	<b>1 809 507</b>

Для оцінки економічної доцільності проєкту P1 було застосовано встановлену ставку дисконтування ( $r = 4\%$ ), що дозволило привести майбутні грошові потоки до поточної вартості (табл. 2.6). Розрахунок охоплює 10-річний період, що відповідає прогнозному горизонту, відображеному на рисунку 2.3. У

таблиці 2.6 та на рисунку 2.3 представлено результати розрахунку граничного NPV для P1 (формула 1.2). Цей показник є ключовим критерієм для прийняття інвестиційного рішення, оскільки дозволяє оцінити, чи створює проєкт додану вартість для компанії з урахуванням вартості капіталу та часової цінності грошей.

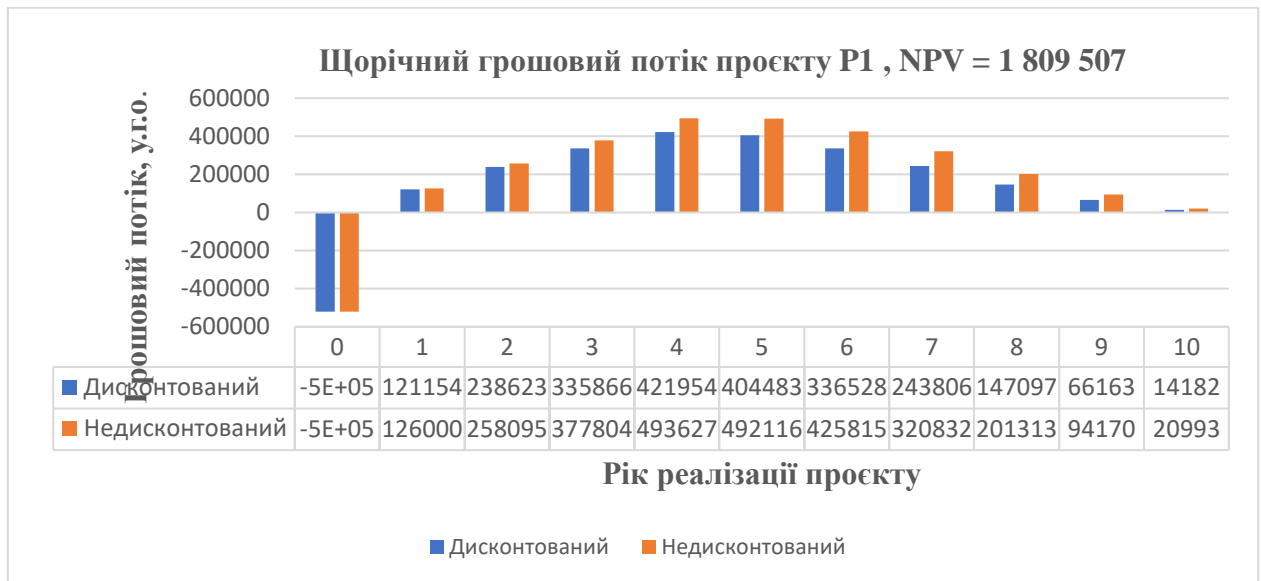


Рисунок 2.3 – Щорічний грошовий потік, сформований у результаті впровадження технології P1 для системи друку та розподілу тонера

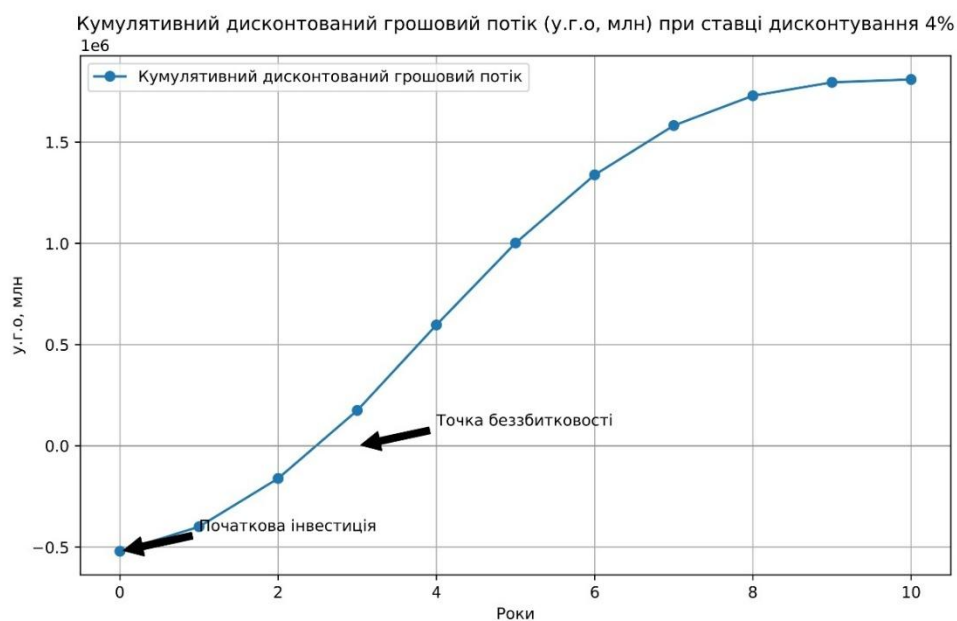


Рисунок 2.4 – Накопичений дисконтований грошовий потік для P1

Графік (рис. 2.4) демонструє динаміку кумулятивного дисконтованого грошового потоку (КДГП) за 10 років після інвестицій у розмірі 520 350 у.г.о. при ставці дисконтування 4%.

Проект швидко окупається, демонструє стабільне зростання прибутку та є фінансово доцільним для впровадження.

Для кожного із наступних технологічних проєктів визначено граничної чистої приведеної вартості (NPV) за аналогією з проєктом P1. Результати наведено в таблицях 2.7 – 2.10.

Таблиця 2.7

### Грошові потоки від впровадження технології очищення барабана (P2)

Рік	Інвестиції, у.г.о.	Грошовий потік, у.г.о	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік, у.г.о
1	341 900	89 579	0,962	86 133,79
2	-	158 315	0,925	146 371
3	-	183 037	0,889	162 719,5
4	-	204 505	0,855	174 811,7
5	-	90 424	0,822	743 22,05
6	-	35 023	0,790	27 678,91
7	-	24 301	0,760	18 466,79
8	-	13 882	0,731	10 143,62
9	-	5 959	0,703	41 86,898
10	-	1 252	0,676	845,7048
Разом	341 900	806278	-	705 680
			<b>NPV=</b>	<b>363 780</b>

Таблиця 2.8

### Грошові потоки від впровадження технології вимірювання залишкового тонера на основі сенсорної панелі (P3)

Рік	Інвестиції, у.г.о.	Грошовий потік, у.г.о	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік, у.г.о
1	493 500	27 412	0,962	26 357,54
2	-	48 030	0,925	44 406,69
3	-	60 469	0,889	53 756,47
4	-	67 626	0,855	57 807,04
5	-	69 722	0,822	57 306,05
6	-	68 078	0,790	53 802,71
7	-	59 260	0,760	45 032,76
8	-	42 398	0,731	30 979,66
9	-	21 874	0,703	15 368,32
10	-	5 169	0,676	3 491,663
Разом	493 500	470 037	-	388308,9
			<b>NPV=</b>	<b>-105 191</b>

Таблиця 2.9

**Грошові потоки від впровадження технології змашування поверхні  
фотобарабана (P4)**

Рік	Інвестиції, у.г.о.	Грошовий потік, у.г.о	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік, у.г.о
1	435 000	43 030	0,962	41 374,76
2	-	80 199	0,925	74 148,4
3	-	94 025	0,889	83 588,29
4	-	106 130	0,855	90 720,21
5	-	42 971	0,822	35 318,77
6	-	15 932	0,790	12 591,33
7	-	10 957	0,760	8 326,61
8	-	6 209	0,731	4 536,967
9	-	2 650	0,703	1 861,829
10	-	555	0,676	374,8378
Разом	435 000	402658	-	352 842
			<b>NPV=</b>	<b>-82 158</b>

Таблиця 2.10

**Грошові потоки від впровадження технології леза для вирівнювання  
тонера на блоці проявника (P5)**

Рік	Інвестиції, у.г.о.	Грошовий потік, у.г.о	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік, у.г.о
1	332 600	302 904	0,962	291 253,6
2	-	486 521	0,925	449 815,8
3	-	504 284	0,889	448 306,6
4	-	521 586	0,855	445 853,7
5	-	162 853	0,822	133 852,9
6	-	31 032	0,790	24 525,09
7	-	22 535	0,760	17 124,57
8	-	13 632	0,731	9 961,081
9	-	6 216	0,703	4 367,52
10	-	1 386	0,676	936,1376
Разом	332 600	2 052 949	-	1 825 997
			<b>NPV=</b>	<b>1 493 397</b>

Для всіх розрахунків граничної чистої приведеної вартості (NPV) в таблицях 2.6 – 2.10 під терміном «гранична» маються на увазі лише ті додаткові витрати та доходи, які безпосередньо пов'язані з реалізацією конкретного проєкту, тобто приріст вартості порівняно з базовим сценарієм. При цьому враховано очікуване скорочення СРР для кожного з проєктів відповідно до таблиці 1.3.

Також представлено результати розрахунку граничного NPV для P2 -P5 рисунками 2.5 – 2.8.

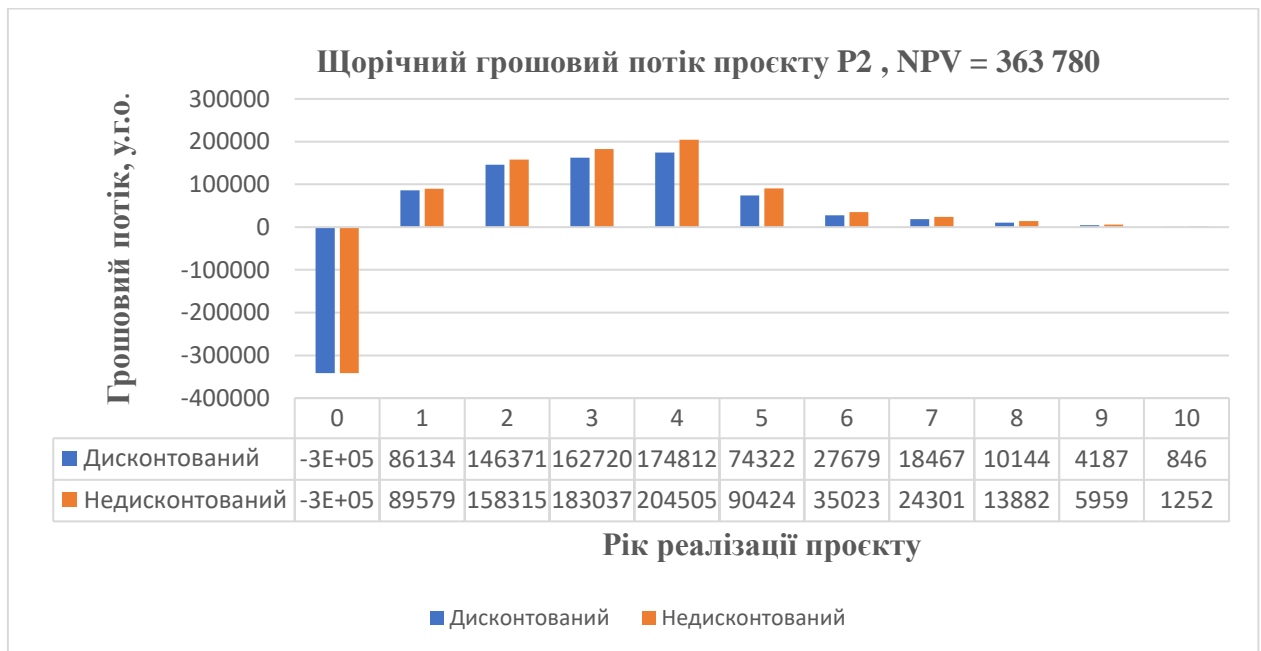


Рисунок 2.5 – Щорічний грошовий потік, сформований у результаті впровадження технології P2 для системи друку та фотобарабана

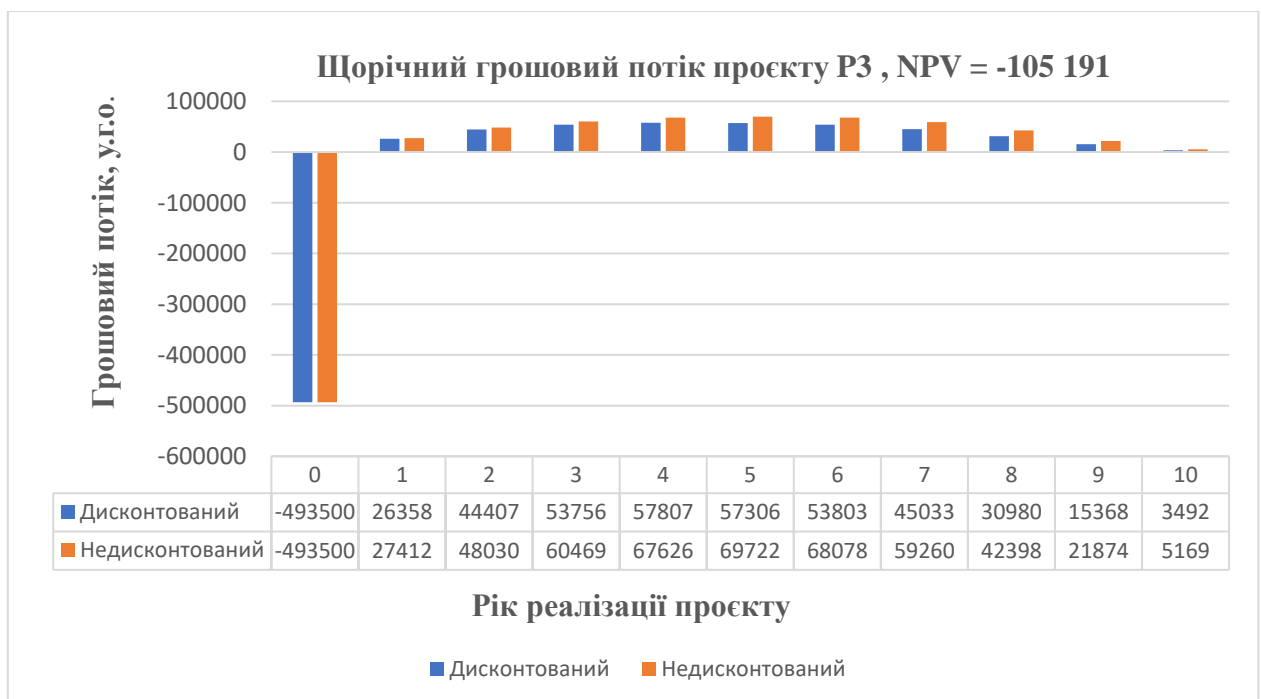


Рисунок 2.6 – Щорічний грошовий потік, сформований у результаті впровадження технології P3 для системи друку та розподілу тонера

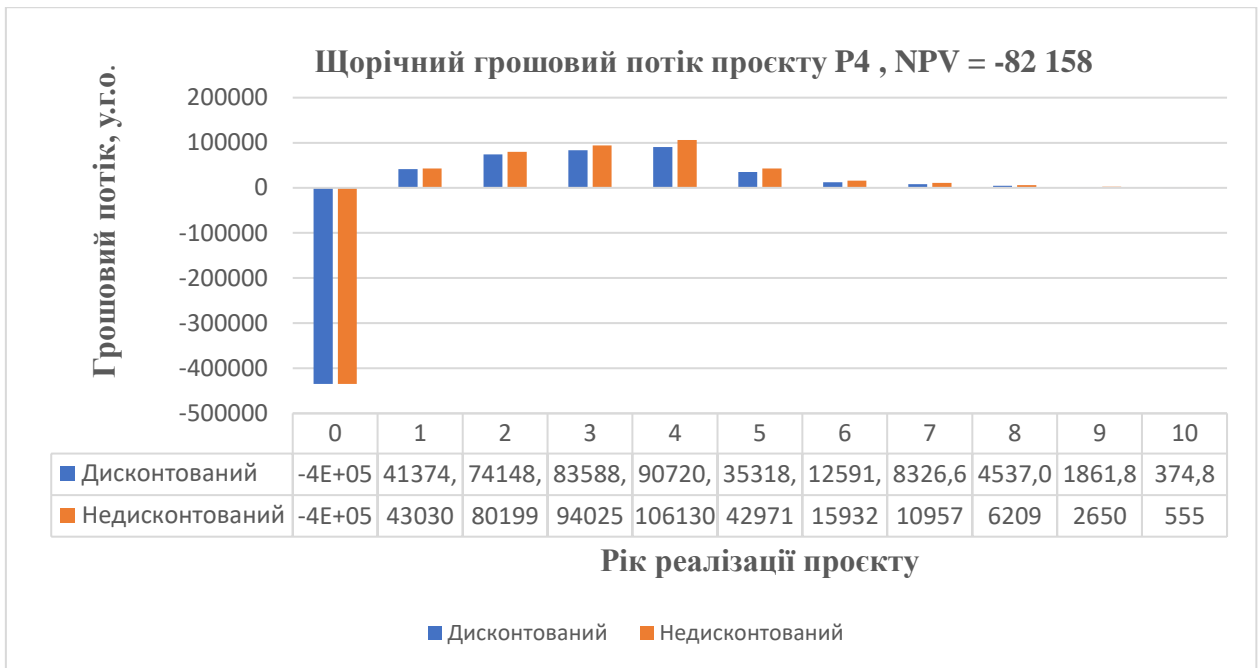


Рисунок 2.7 – Щорічний грошовий потік, сформований у результаті впровадження технології P4 для системи друку та фотобарабана

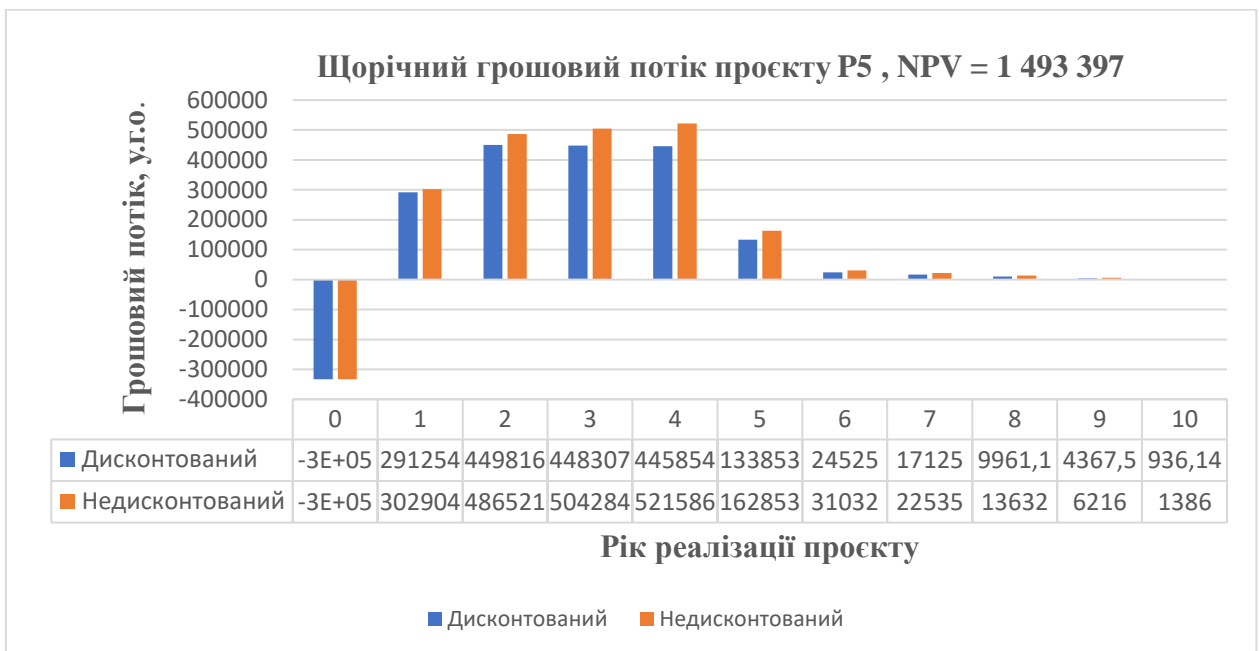


Рисунок 2.8 – Щорічний грошовий потік, сформований у результаті впровадження технології P2 для системи друку та проявника

Для розрахунку накопичених дисконтованих грошових потоків за 10 років впровадження технологій було написано програмний код засобами мови програмування Python, який наведено в Додатку Г. Результати його роботи для

проєкту P1 у вигляді візуалізації отримано на рис. 2.4. Застосування цієї програми дає альтернативу аналізу поданого на рис. 2.5 – 2.8. Однак візуалізації для проєктів P2- P5 за кодом Python- кодом пропускаємо.

Рисунок 2.9 ілюструє граничні NPV запропонованих технологічних проєктів.



Рисунок 2.9 – Граничні NPV для кожного із технологічних проєктів

Висновок: Аналіз розрахованих значень чистої приведеної вартості (NPV) свідчить про те, що проєкти P1, P2 і P5 мають позитивні економічні перспективи та, ймовірно, забезпечать прибутковість у разі реалізації. Натомість технологічні проєкти P3 і P4 демонструють негативні значення NPV, що вказує на потенційні збитки. У зв'язку з цим, на наступному етапі формування портфеля НДР ці два проєкти будуть виключені з подальшого розгляду, оскільки їх реалізація не відповідає критеріям економічної доцільності в межах обраного сценарію.

## 2.3 Оцінка портфеля проектів науково-дослідних розробок на основі сценарного підходу

Метою запропонованого підходу є не лише оцінка окремих проектів НДДКР (зокрема, P1, P2 і P5), а й аналіз ефективності різних комбінацій цих проектів у складі портфеля. Такий підхід дозволяє врахувати синергію між проектами, а також оцінити загальний вплив на систему у разі їх одночасного впровадження.

Оцінювання проводилося за трьома ключовими критеріями:

1. Зміна дизайну системи - наскільки впровадження комбінації проектів змінює архітектуру або функціональність системи.

2. Вплив на продуктивність технології - оцінка приросту ефективності або зниження витрат.

3. Економічний ефект - розрахунок граничної NPV для кожної комбінації, що відображає приріст вартості порівняно з базовим сценарієм.

У таблиці 2.11 наведено результати оцінки всіх можливих комбінацій проектів P1, P2 і P5, що дозволяє обґрунтовано обрати оптимальний склад портфеля для подальшої реалізації.

Таблиця 2.11

### Результати оцінки можливих комбінацій проектів P1, P2 і P5

Портфель проектів науково-дослідних робіт	Граничне NPV	Вартість інвестицій	ROI (окупність інвестицій), %
Portfolio 1 (P1)	1 809 507	520 350	348%
Portfolio 2 (P2)	363 780	341 900	106%
Portfolio 3 (P5)	1 493 397	333 600	448%
Portfolio 4 (P1+P2)	2 173 287	862 250	252%
Portfolio 5 (P1+P5)	3 302 904	853 950	387%
Portfolio 6 (P2+P5)	1 857 177	675 500	275%
Portfolio 7 (P1+P2+P5)	3 666 684	1 195 850	307%

З урахуванням стратегічних пріоритетів керівництва сформовано три сценарії прийняття рішень, які дозволяють оцінити та порівняти різні комбінації проектів НДДКР. Кожен сценарій враховує окремі аспекти економічної

ефективності, що дозволяє адаптувати вибір портфеля до конкретних умов фінансування, ризиків та очікувань щодо прибутковості.

Сценарій 1: Орієнтація на інвестиційну вартість Цей сценарій передбачає вибір проєктів з найменшими початковими витратами, що особливо актуально за умов обмеженого бюджету.

Якщо пріоритетом є мінімізація початкових витрат, то:

- Найменшу інвестиційну вартість має Portfolio 3 (P5) — 333 600 у.г.о.
- При цьому він демонструє найвищу рентабельність інвестицій (ROI) - 448%, що робить його найефективнішим варіантом за співвідношенням витрат і прибутку.

- Portfolio 2 (P2) також має низьку вартість (341 900 у.г.о.), але значно поступається за ROI (106%) і NPV (363 780 у.г.о.), що знижує його привабливість.

Сценарій 2: Максимізація граничної NPV У цьому сценарії пріоритетом є максимальний приріст вартості порівняно з базовим сценарієм.

Якщо мета — отримати найбільший абсолютний прибуток, то:

- Portfolio 7 (P1+P2+P5) має найвище граничне NPV - 3 666 684 у.г.о., але й найвищу вартість інвестицій - 1 195 850 у.г.о.

- Це портфель із найбільшим економічним ефектом, але потребує значного фінансування.

- Portfolio 5 (P1+P5) - компромісний варіант із високим NPV (3 302 904 у.г.о.) та нижчими інвестиціями (853 950 у.г.о.) і хорошим ROI (387%).

Сценарій 3: Орієнтація на рентабельність інвестицій (ROI) Цей сценарій фокусується на відносній ефективності вкладених коштів.

Якщо пріоритет - максимальна ефективність вкладених коштів, то:

- Portfolio 3 (P5) - беззаперечний лідер із ROI 448%.
- Portfolio 1 (P1) та Portfolio 5 (P1+P5) також демонструють високі показники ROI - 348% і 387% відповідно.

- Це робить їх привабливими для інвесторів, орієнтованих на високу віддачу при помірних інвестиціях.

Загальний висновок. Сценарний аналіз дозволяє гнучко адаптувати вибір портфеля НДР залежно від стратегічних цілей - мінімізації витрат, максимізації прибутку або оптимізації рентабельності.

- Portfolio 3 (P5) — найкращий вибір за критерієм ефективності (ROI) та мінімальних витрат.
- Portfolio 7 (P1+P2+P5) — найкращий за загальним економічним ефектом (NPV), але потребує найбільших інвестицій.
- Portfolio 5 (P1+P5) — збалансований варіант, що поєднує високу прибутковість, помірні витрати та високу рентабельність.

На основі трьох сценаріїв, що відображають різні підходи до прийняття управлінських рішень, у таблиці 6 представлено ранжування портфелів проєктів НДР відповідно до обраних критеріїв. Кожен сценарій фокусується на окремому аспекті економічної ефективності, що дозволяє адаптувати вибір портфеля до конкретних стратегічних цілей організації.

Таблиця 2.12

### Сценарне ранжування портфелів проєктів НДР

Рейтинг портфеля	Сценарій прийняття рішення		
	на основі граничного NPV	на основі інвестиційних витрат	на основі ROI
1	Portfolio 7 (P1+P2+P5)	Portfolio 3 (P5)	Portfolio 3 (P5)
2	Portfolio 5 (P1+P5)	Portfolio 2 (P2)	Portfolio 5 (P1+P5)
3	Portfolio 4 (P1+P2)	Portfolio 1 (P1)	Portfolio 1 (P1)
4	Portfolio 6 (P2+P5)	Portfolio 6 (P2+P5)	Portfolio 7 (P1+P2+P5)
5	Portfolio 1 (P1)	Portfolio 5 (P1+P5)	Portfolio 6 (P2+P5)
6	Portfolio 3 (P5)	Portfolio 4 (P1+P2)	Portfolio 4 (P1+P2)
7	Portfolio 2 (P2)	Portfolio 7 (P1+P2+P5)	Portfolio 2 (P2)

Інтерпретація рейтингу за табл. 2.12: різні позиції портфелів у рейтингу відображають відмінності в управлінських пріоритетах. Наприклад, портфель, який є лідером за ROI, може не бути найкращим за абсолютним прибутком або

вимагати більших інвестицій. Такий підхід дозволяє приймати більш зважені рішення, враховуючи як фінансові обмеження, так і стратегічні цілі.

Після всебічної оцінки результатів аналізу портфеля проєктів науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи, а також подальших внутрішніх обговорень, керівництво компанії-виробника систем друку може ухвалити обґрунтоване рішення щодо оптимального складу портфеля проєктів для впровадження.

## ВИСНОВКИ

У межах цієї кваліфікаційної роботи було проведено комплексну оцінку альтернативних портфелів науково-дослідних і дослідно-конструкторських проєктів (НДДКР), спрямованих на вдосконалення системи друку. Основна мета полягала у перевірці ефективності нової методики оцінювання портфеля НДДКР, яка враховує як технічні, так і економічні аспекти впровадження інновацій.

Було розглянуто п'ять технологічних проєктів, кожен з яких мав на меті зниження вартості друку сторінки CPP (cost per print) шляхом підвищення ефективності системи розподілу тонера. Для кожного проєкту було проаналізовано необхідні зміни в архітектурі системи, зокрема - модифікації компонентів, фізичних з'єднань, а також потоків матеріалів, енергії та інформації. Ці зміни були оцінені за допомогою показників матриці структури проєктування DSM та дельта-матриці структури проєкту ( $\Delta$ DSM), що дозволило кількісно визначити складність інтеграції кожної технології.

На основі технічного аналізу були розраховані початкові інвестиційні витрати, очікувані покращення CPP та прогнозований граничний дохід протягом життєвого циклу кожного проєкту. Ці дані стали основою для економічної оцінки, яка включала розрахунок граничної чистої приведеної вартості (NPV) та рентабельності інвестицій (ROI). Проєкти з негативними економічними показниками були виключені з подальшого аналізу.

У наступному етапі було сформовано кілька комбінацій прибуткових проєктів, для яких проведено порівняльну оцінку портфелів. Ранжування портфелів здійснювалося за трьома сценаріями прийняття рішень: мінімізація інвестицій, максимізація прибутку та оптимізація рентабельності. Такий підхід дозволив врахувати різні управлінські пріоритети та сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимального портфеля.

Результати проведеного дослідження можуть слугувати аналітичною основою для ухвалення стратегічного рішення щодо впровадження оптимального набору НДДКР-проектів, який відповідатиме як технічним можливостям підприємства, так і його економічним цілям.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kozyr, S. V., & Molokanova, V. M. (2023). Project portfolio modeling for the regional dual education development. *Information systems and technology*, 6, 28–42. <https://doi.org/10.15276/aait>
2. Kozyr, S., & Molokanova, V. (2024). Comprehensively assessing the value level of dual education projects. *Management of Development of Complex Systems*, (57), 83–95. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.83-95>
3. Mavrotas, G., & Makryvelios, E. (2023). R&D project portfolio selection using the Iterative Trichotomic Approach in order to study how subjectivity of the weights is reflected in the selected projects of the final portfolio. *Operational Research*, 23(3), 50. <https://doi.org/10.1007/s12351-023-00785-7>
4. Vilkkumaa, E., Salo, A., & Liesiö, J. (2014). Multicriteria Portfolio Modeling for the Development of Shared Action Agendas. *Group Decision and Negotiation*, 23(1), 49–70. <https://doi.org/10.1007/s10726-012-9328-0>
5. Mavrotas, G., & Makryvelios, E. (2023). R&D project portfolio selection using the Iterative Trichotomic Approach in order to study how subjectivity of the weights is reflected in the selected projects of the final portfolio. *Operational Research*, 23(3), 50. <https://doi.org/10.1007/s12351-023-00785-7>
6. Liesiö, J., Mild, P., & Salo, A. (2008). Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. *European Journal of Operational Research*, 190(3), 679–695. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.06.049>
7. Jelena, Z., & Dejan, B. (2022). Developing an MCDA Model for Choosing Criteria Using for Project Ranking. *ECONOMIC COMPUTATION AND ECONOMIC CYBERNETICS STUDIES AND RESEARCH*, 56(3/2022), 219–233. <https://doi.org/10.24818/18423264/56.3.22.14>
8. Varshney, S., Sandhu, R., & Gupta, P. K. (2021). Multicriteria decision-making in health informatics using IoT. In *IoT-Based Data Analytics for the*

*Healthcare Industry* (pp. 105–121). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821472-5.00014-4>

9. Morton, A., Keisler, J. M., & Salo, A. (2016). Multicriteria Portfolio Decision Analysis for Project Selection. In S. Greco, M. Ehrgott, & J. R. Figueira (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis* (Vol. 233, pp. 1269–1298). New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_28)

10. Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (mcdm) methods in economics: an overview / daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai ekonomikoje: apžvalga. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397–427. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>

11. Nielsen, M. K., Jacobsen, A. M., Carstensen, J. L., Nielsen, M. T., & Tambo, T. (2024). Industrial R&D project portfolio selection method using a multi-objective optimization program: A conceptual quantitative framework. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 24(1), 217–234.

12. Ghanbari, M., Olaikhan, A. A. J., & Skitmore, M. (2024). Enhancing project portfolio selection for construction holding firms: a multi-objective optimization framework with risk analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2023-0532>

13. Jang, H., & Suh, E. S. (2025). Technology Infusion Analysis-Based Research and Development Project Portfolio Valuation. *Systems Engineering*, sys.21817. <https://doi.org/10.1002/sys.21817>

14. Gunjan, A., & Bhattacharyya, S. (2023). A brief review of portfolio optimization techniques. *Artificial Intelligence Review*, 56(5), 3847–3886. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10273-7>

15. Smaling, R., & Weck, O. D. (2007). Assessing risks and opportunities of technology infusion in system design. *Systems Engineering*, 10(1), 1–25. <https://doi.org/10.1002/sys.20061>

16. Suh, E. S., Furst, M. R., Mihalyov, K. J., & Weck, O. D. (2010). Technology infusion for complex systems: A framework and case study. *Systems Engineering*, 13(2), 186–203. <https://doi.org/10.1002/sys.20142>

17. Moon, J., & Suh, E. S. (2023). Multiple technology infusion assessment: a framework and case study. *Research in Engineering Design*, 34(3), 347–366. <https://doi.org/10.1007/s00163-023-00414-6>

18. Козир, С. В., Слесарев, В. В., Ус, С. А., & Хом'як, Т. В. (2022). *Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів: підручн.* (М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка»). Дніпро: НТУ «ДП.» Retrieved from <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/160245>

19. Рижкова, Ю. (2024, August 21). Моделювання бізнес-процесів. *Prometheus*. Retrieved February 6, 2025, from <https://prometheus.org.ua/prometheus-plus/business-processes/>

20. Zhmykhov, Y. (2022, June 4). Нотація моделювання бізнес-процесів 2.0+. *UXPUB UA Дизайн-спільнота*. Retrieved January 23, 2025, from <https://ux.pub/zhmikhov/notatsiia-modieliuvannia-biznies-protsiesiv-20-3nfp>

21. Еппінгер, С. Д., & Браунінг, Т. Р. (2012).. *Методи та застосування матричної структури проектування* .. МІТ pres.

22. Системний аналіз [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня бакалавра зі спеціальності 124 Системний аналіз / уклад.: А.В. Малієнко, О.Б. Владико, С.В. Козир, Д.М. Гаранжа ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 82с. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167652>

23. Кваліфікаційна робота бакалавра [Електронний ресурс] : методичні рекомендації для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми «Системний аналіз» зі спеціальності 124 Системний аналіз / уклад.: Т.А. Желдак, Т.В. Хом'як, А.В. Малієнко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 32 с. Режим доступу: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170863>

## Додаток А.

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення				Найменування	Кількість аркушів	Примітки		
1									
2					Документація				
3									
4	САУ.КР.25.54.ПЗ				Пояснювальна записка	63	Формат А4		
5									
6					Демонстраційний матеріал	№2	Презентація на CD-R		
7									
8					Копія роботи	1	Диск CD-R		
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.25.54.ДА.ПЗ.				
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Циба Б.В.			<b>Матеріали кваліфікаційної роботи</b>	Літ.		Аркуш	Аркушів
К. розд.		Козир С.В.							
Керівн.		Козир С.В.				НТУ «ДП», 54; 124-22ск-1			
Н.контр.		Хом'як Т.В.							
Зав. каф.		Желдак Т.А.							

Додаток Б.

**Відгук**  
**на кваліфікаційну роботу бакалавра**  
студента групи 124 – 22ск – 1 Циби Богдана Вадимовича  
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи: «Оцінка та аналіз портфеля проєктів науково-дослідних розробок для системи лазерного друку» \_\_\_\_\_

Обсяг кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ стор.

Мета кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_

Актуальність теми: \_\_\_\_\_

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра. Оригінальність наукових рішень полягає в \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі (*в разі невідповідності – вказати*).

\_\_\_\_\_

У роботі відзначено такі недоліки: \_\_\_\_\_.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: \_\_\_\_\_.

З урахуванням висловлених зауважень автор заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра,  
науковий ступінь, вчене звання, посада \_\_\_\_\_/.

Додаток В.

**Вихідні дані реальних операцій виробника систем друку.**

Для збереження конфіденційності деякі дані та результати нормалізовано або анонімізовано.

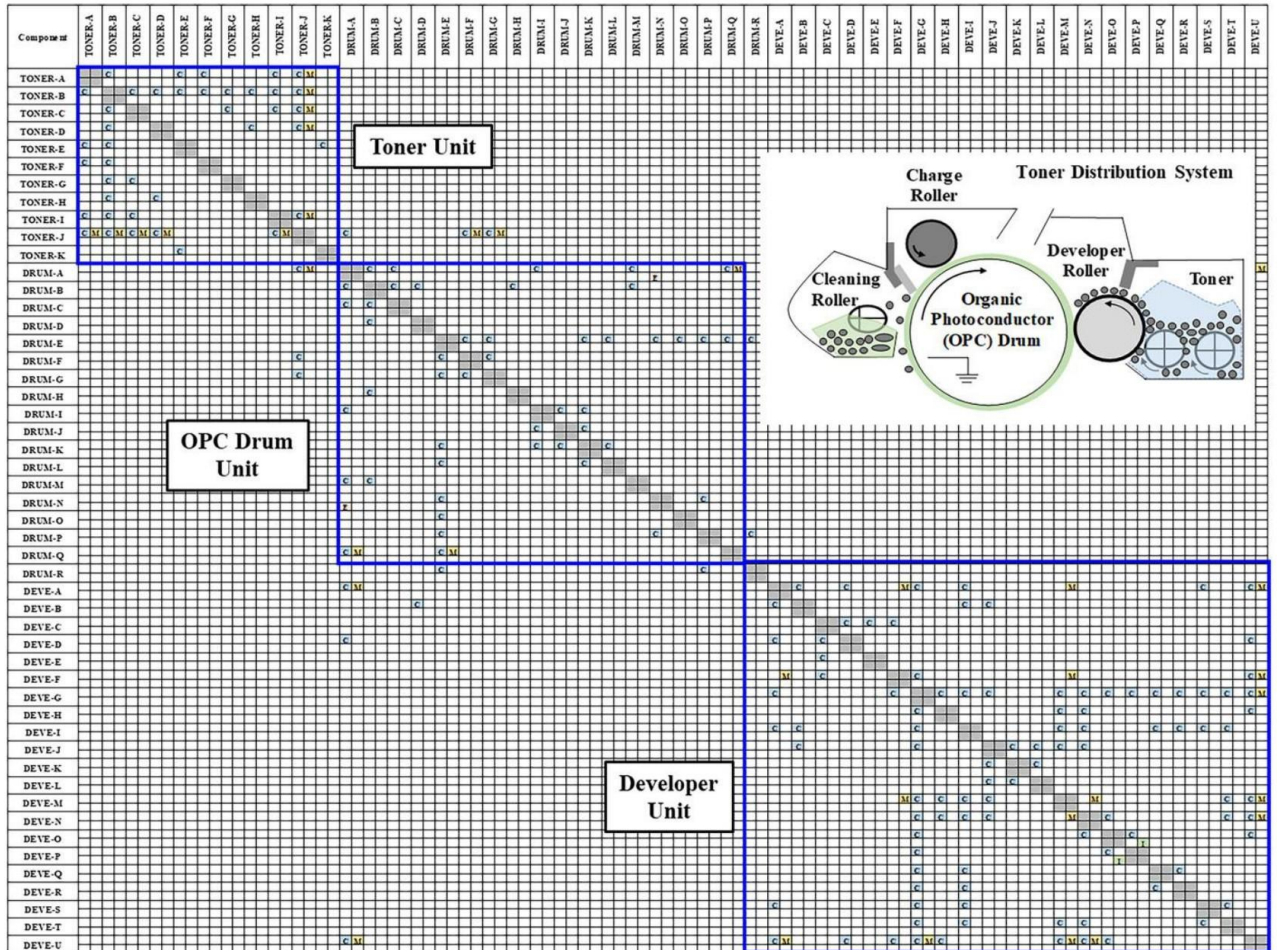


Рисунок В.1 – Система розподілу тонера DSM, що показує фізичні з’єднання, потік матеріалу, потік енергії та потік інформації.

Моделі система розподілу тонера структурована у вигляді трьох функціональних блоків: блок тонера, фотобарабана OPC та блок проявника. Кожен із цих блоків деталізовано до рівня окремих компонентів, які відображено у вигляді рядків і стовпців у матриці структури проектування (DSM).

Типи взаємозв'язків між компонентами кодуються спеціальними позначеннями в недиагональних клітинках матриці: С - фізичні з'єднання; М - потоки матеріалів; Е - потоки енергії; І - інформаційні потоки.

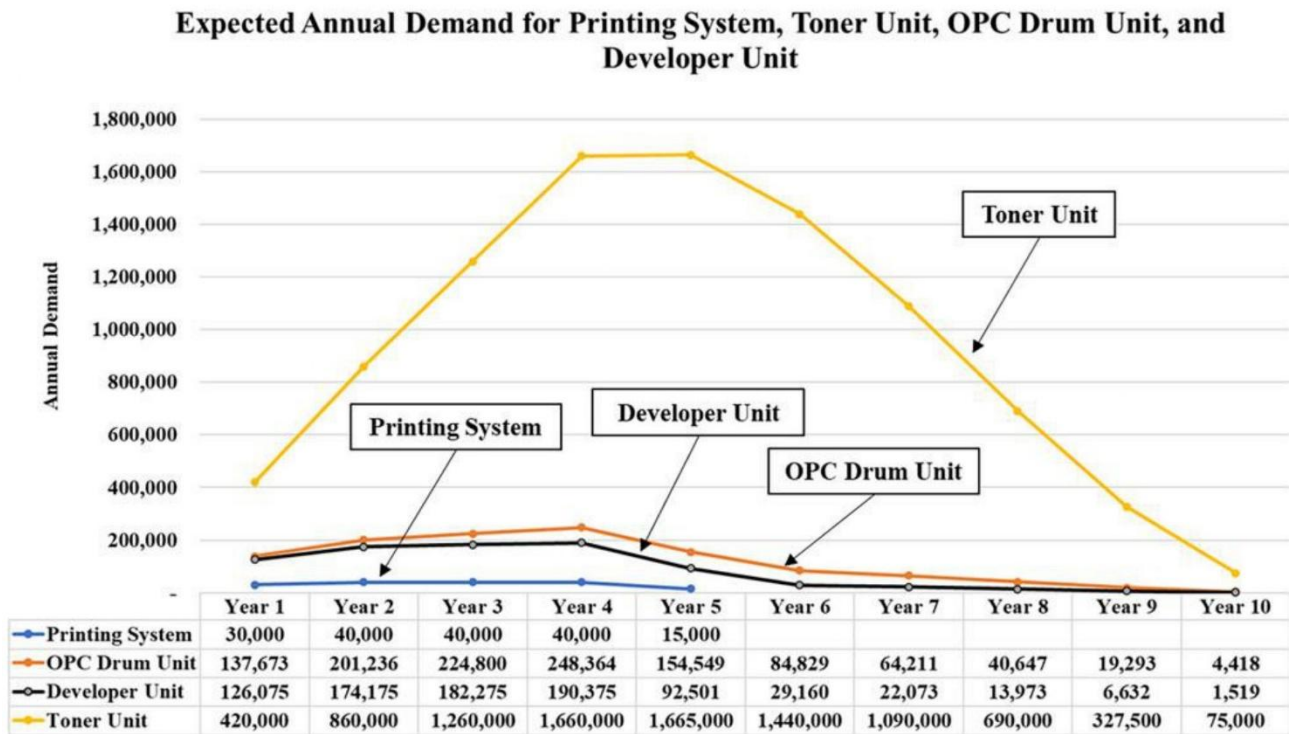


Рисунок В.2 – Прогнозована річна потреба в витратних матеріалах для друку: система друку, тонерний картридж, OPC-барaban та проявник.

Додаток Г.

**Програмний Python-код для розрахунку NPV та побудови графіка  
дисконтованих грошових потоків**

```
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

# Вхідні дані

initial_investment = 520350

cash_flows = [126000, 258095, 377804, 493627, 492116, 425815, 320832, 201313, 94170, 20993]

discount_rate = 0.04

# Розрахунок дисконтованих грошових потоків

years = np.arange(1, len(cash_flows) + 1)

discounted_cash_flows = [cf / (1 + discount_rate) ** year for cf, year in zip(cash_flows, years)]

# Розрахунок NPV

npv = -initial_investment + sum(discounted_cash_flows)

print(f"NPV: {npv:.2f} USD")

# Побудова графіка дисконтованих грошових потоків

plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.plot([0] + list(years), [-initial_investment] + discounted_cash_flows, marker='o', linestyle='-')

plt.title('Discounted Cash Flows Over Time')

plt.xlabel('Year')

plt.ylabel('Discounted Cash Flow (USD)')

plt.grid(True)

plt.axhline(0, color='black', linewidth=0.5, linestyle='--')

plt.show()
```

