

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

Освітньо-професійна програма «Управління проектами»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

«Дослідження моделей управління проектом створення та впровадження автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок»

Студентки 2-го курсу групи УПз-21

Науковий керівник:

Ольги ПРОЦЕНКО

(ім'я, прізвище)

Кандидат тех. наук, доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

Любов КУБЯВКА

(ім'я, прізвище)

(підпис студента)

(дата)

(підпис)

Попередній захист:

(Висновок: "До захисту в Екзаменаційній комісії")

Завідувач кафедри
технологій
управління

(підпис)

Віктор МОРОЗОВ

(прізвище, ініціали)

(дата)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет інформаційних технологій**

Кафедра технологій управління
Освітній рівень Магістр
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
Освітньо-професійна програма Управління проектами

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
професор Віктор МОРОЗОВ

“___” _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Студентка: Проценко Ольга Олександрівна

Група: УПз-21

1. **Тема кваліфікаційної роботи:** «Дослідження моделей управління проектом створення та впровадження автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок». Затверджена наказом від “29” травня 2024 року № 12 .

2. **Строк подання студентом роботи** – 16 грудня 2024 року.

3. **Цільова установка та вихідні дані до роботи:** дослідження методів, підходів і інструментів управління проектами для успішної реалізації обраного проекту, забезпечення досягнення визначених цілей і отримання запланованих результатів у межах встановлених термінів і бюджету.

4. **Зміст роботи:** аналіз сучасних моделей управління проектами у сфері автоматизації збору та обробки відходів, обґрунтування методології управління проектом, розробка концепції проекту, формування економічної моделі, організаційної структури проекту, календарного плану та ієрархічної структури робіт (WBS), управління ресурсами, ризиками, фінансами, а також використання спеціалізованих інструментів і технологій для ефективної реалізації проекту.

5. **Перелік графічного матеріалу (слайдів):** титульна сторінка, об'єкт, мета, предмет та завдання роботи, дерево причин та наслідків, дерево цілей, концептуальна модель інформаційної системи, формалізація математичних моделей, концептуальна та логічна моделі бази даних, алгоритми та інтерфейси програмного забезпечення, організаційна структура команди, WBS проекту, діаграма Ганта проекту.

6. Календарний план виконання роботи:

№ п/п	Назва частин роботи	План виконання роботи
1	Вивчення літературних джерел з предмету дослідження.	01.09.24 – 10.09.24
2	Збір і вивчення матеріалів досліджуваного підприємства.	02.10.24 – 08.10.24
3	Складання розгорнутого плану кваліфікаційної роботи.	09.10.24 – 15.10.24
4	Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи. Внесення змін.	16.10.24 – 20.10.24
5	Підготовка розділу 1	23.10.24 – 30.10.24
6	Підготовка розділу 2	31.10.24 – 14.11.24
7	Підготовка розділу 3	15.11.24 – 29.11.24
8	Підготовка розділу 4	30.11.24 – 05.12.24
9	Оформлення кваліфікаційної роботи.	06.12.24 – 10.12.24
10	Передача кваліфікаційної роботи рецензенту для рецензування.	11.12.24
11	Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові.	11.12.24
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи.	09.12.24 – 15.12.24

Дата видачі завдання “29” травня 2024р.

Керівник роботи

Кандидат тех. наук, доцент, Любов КУБЯВКА
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийняла до виконання студентка групи УПз-21

Ольга ПРОЦЕНКО
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА АКТУАЛЬНОСТІ ПРОЄКТУ	11
1.1 Аналіз світових трендів в галузі автоматизації переробки відходів	11
1.1.1 Огляд сучасних трендів та статистики	11
1.1.2 Аналіз існуючих систем	15
1.2. Методології управління IT-проєктами та аналіз впливу середовища	19
1.2.1. Вибір методології управління проєктом	19
1.2.2. Аналіз впливу середовища.....	22
1.3. Аналіз функцій окремих частин проєкту	28
1.4. Формулювання проблемної області	30
1.5 Визначення елементів наукової новизни та інноваційного аспекту.....	31
1.6 Формулювання технічного завдання. Паспорт проєкту.	32
1.7 Життєвий цикл проєкту.....	34
РОЗДІЛ 2. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1. Концептуальна модель	36
2.2. Формування дерева проблем	40
2.3. Формування дерева цілей.....	42
2.4. Формулювання математичної моделі	44
2.5. Формування ієрархічної структури робіт за процесами проєкту	50
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ	53
3.1 Проєктування бази даних: концептуальна та логічна моделі.....	53
3.2 Архітектура та структура програмного забезпечення системи.....	58

3.3 Автоматизований пункт прийому: структура та функціональність	64
3.4 Розробка інтерфейсу користувача	67
3.5 Вибір технологій розробки програмного забезпечення	76
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТУ	79
4.1 Організаційна структура проєкту	79
4.2 Формування переліку завдань проєкту та розподіл відповідальності.....	81
4.3 Оцінка вартості проєкту	86
4.4 Розробка календарно-сітьової моделі	87
4.5 Розрахунок економічної ефективності.....	95
4.6 Оцінка ризиків і розробка заходів реагування	97
ВИСНОВКИ.....	104
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107
Додаток А.....	111
Додаток Б	113
Додаток В.....	115

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи магістра на тему:

«Дослідження моделей управління проектом створення та впровадження автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок»

Студентка: Проценко Ольга Олександрівна.

Науковий керівник: Кубявка Любов Богданівна.

Рік захисту – 2024.

Метою даної роботи є комплексний аналіз проектної ідеї створення автоматизованої системи, яка включає автоматизовані пункти прийому, мобільний застосунок для користувачів та веб-застосунок для адміністраторів. Предметною областю є управління відходами, автоматизація процесів переробки, оптимізація логістики та розробка інформаційних технологій.

Ціль проекту – створення та впровадження інноваційної автоматизованої системи, яка забезпечить зручний збір і обробку ПЕТ-форм та бляшанок, оптимізує логістичні процеси та знизить екологічне навантаження.

Наукова новизна роботи полягає у розробці математичної моделі для оптимізації логістики, концептуальної моделі системи, удосконалених процедур управління ризиками та календарного плану реалізації проекту.

Практичне значення роботи полягає у створенні концепції інтегрованої автоматизованої системи, яка може бути впроваджена для оптимізації процесів збору, сортування та транспортування відходів. Розроблені підходи та моделі можуть бути використані у сфері переробки відходів, комунальних службах, пунктах збору вторинної сировини та інших галузях, що сприятиме сталому розвитку та екологічній стійкості.

Кваліфікаційна робота складається з анотації, вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі розглянуто сучасний стан збору й переробки відходів, обґрунтовано доцільність проекту, визначено проблеми та завдання проекту.

Другий розділ присвячено концептуальній моделі системи та оптимізації логістики.

У третьому розділі описано технічну реалізацію компонентів системи.

Четвертий розділ охоплює управління проектом, включаючи календарне планування, оцінку та управління ризиками.

Робота містить 110 сторінок без додатків, 40 рисунків та 15 таблиць. Додатки складають 5 сторінок.

Ключові слова: автоматизована система, управління проектами, мобільний застосунок, веб-застосунок, автоматизовані пункти прийому, обробка ПЕТ-форм, переробка бляшанок, оптимізація логістики, програмне забезпечення, математична модель, календарний план, розробка концепції.

ВСТУП

На сьогоднішній день проблема ефективного управління відходами, зокрема ПЕТ-формами та бляшанками, стає дедалі актуальнішою як в Україні, так і в усьому світі. Значні обсяги пластикових і металевих відходів створюють серйозну загрозу для довкілля через їхню тривалу здатність до розкладання та негативний вплив на екосистеми. Підприємства і комунальні служби стикаються з численними викликами у сфері збору, сортування та переробки відходів, що призводить до неефективного використання ресурсів, збільшення витрат і погіршення екологічної ситуації.

На цей час більшість регіонів України відчувають дефіцит сучасних автоматизованих систем для прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок. Переважна більшість операцій виконується вручну, що значно уповільнює процес, підвищує кількість помилок та не дозволяє ефективно працювати з великими обсягами відходів. Відсутність інноваційних рішень у цій галузі обмежує можливості впровадження сучасних екологічних стандартів та негативно впливає на загальний рівень переробки.

Технологічний прогрес та впровадження автоматизації мають потенціал для значного поліпшення ситуації у сфері поводження з відходами. Розробка автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок може забезпечити зниження витрат, підвищення ефективності операцій та мінімізацію шкоди для довкілля. Така система може стати ключовим елементом інтегрованого підходу до управління відходами, сприяючи не лише економічній ефективності, а й досягненню сталого розвитку.

Метою роботи є розробка концепції проєкту автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок, і впровадження ефективних технологій управління даним ІТ-проєктом, яка дозволить підвищити ефективність управління відходами, оптимізувати логістичні процеси, знизити витрати та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. У роботі поставлені завдання, що включають аналіз поточного стану ринку збору та переробки ПЕТ-форм і бляшанок, оцінку існуючих методів і технологій,

розробку концепції системи, визначення організаційної структури проекту, формування бюджету та управління ризиками.

Перелік завдань, які необхідно дослідити для досягнення поставленої мети:

1. Аналіз світових тенденцій у сфері управління відходами та огляд сучасних технологій автоматизації.

2. Дослідження методів управління IT-проектами та їх адаптація до потреб автоматизованих систем збору і обробки відходів.

3. Ідентифікація предметної області; аналіз літературних джерел і актуальних ініціатив у сфері переробки ПЕТ-форм та бляшанок.

4. Розробка моделей автоматизованої системи прийому і обробки відходів; створення ієрархічного опису проекту.

5. Формалізація математичних моделей для оптимізації логістичних процесів і управління ресурсами.

6. Розробка логічних і концептуальних моделей бази даних; проектування структури програмного забезпечення, створення інтерфейсів для користувачів і адміністраторів.

7. Розробка організаційної структури проекту, визначення обсягу і бюджету, планування ресурсів, аналіз вартості реалізації.

8. Оцінка економічної ефективності проекту на основі розрахунків ключових фінансових показників.

9. Ідентифікація та аналіз ризиків, розробка стратегії їхнього управління та мінімізації.

Об'єктом дослідження є процеси впровадження автоматизованих систем у сфері управління відходами, зокрема процеси збору, сортування, транспортування та обробки ПЕТ-форм та бляшанок, інтеграція інформаційних технологій у ці процеси, а також оптимізація логістики і взаємодії між різними компонентами системи.

Предметом дослідження є процеси управління створенням і впровадженням автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок, включаючи управління часом, вартістю, ризиками проекту,

оптимізацію логістичних процесів, а також побудову ефективної структури команди розробників та учасників проєкту.

Методи дослідження, використані в роботі над проєктом створення автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок, охоплюють три ключові області: аналіз існуючих технологій і систем переробки відходів, оцінка впливів зовнішнього середовища за допомогою PEST-аналізу, а також технічний аналіз архітектури інформаційних систем для автоматизації збору і обробки вторинної сировини.

Новизна отриманих результатів:

1. Методологічний підхід до управління IT-проєктом у сфері автоматизації збору та обробки відходів: отримав подальший розвиток підхід до управління проєктами, який інтегрує елементи різних сучасних методологій, таких як Agile і Scrum, з урахуванням специфіки проєктів в галузі управління відходами. Це дозволяє ефективно організувати розробку та впровадження автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок.

2. Математична модель для оптимізації логістичних процесів та управління ресурсами: розроблено модель, яка враховує специфічні вимоги до логістики та збору відходів, забезпечуючи мінімізацію витрат на транспортування, оптимізацію використання пунктів прийому та переробних центрів, а також підвищення економічної ефективності системи в цілому.

3. Стратегії управління ризиками в IT-проєктах для сфери автоматизації переробки відходів: удосконалено підходи до управління ризиками, включаючи врахування специфічних ризиків, пов'язаних із впровадженням автоматизованих систем збору і обробки вторинної сировини, таких як технічні збої, логістичні труднощі, низька обізнаність населення та можливі регуляторні зміни. Ці ризики інтегровані в загальну систему управління проєктом.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Використання підходів та методів у подальших дослідженнях: результати дослідження можуть слугувати базою для подальших наукових досліджень у сфері автоматизації збору і обробки відходів, зокрема для розробки

інформаційних систем та управління IT-проектами в екологічному секторі. Розроблені підходи до оптимізації логістичних процесів, інтеграції автоматизованих пунктів прийому та застосування сучасних інформаційних технологій можуть бути адаптовані для інших галузей управління ресурсами.

2. Можливість адаптації системи до інших типів відходів: розроблену автоматизовану систему можна адаптувати для роботи з іншими типами вторинної сировини, наприклад, папером, склом чи текстильними матеріалами. Це відкриває перспективи для масштабування та розширення сфери застосування, що сприятиме більш комплексному підходу до управління відходами та підвищенню екологічної стійкості.

Запропонований проєкт може бути використаний у сфері переробки відходів, комунальних службах, пунктах збору вторинної сировини, торговельних мережах та промислових підприємствах. Його впровадження сприятиме зниженню екологічного навантаження, підвищенню обсягів переробки та формуванню екологічно свідомого суспільства. Робота спрямована на створення практичного інструменту для вирішення актуальних проблем у сфері управління відходами, що забезпечить економічну ефективність та екологічну стійкість.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА АКТУАЛЬНОСТІ ПРОЄКТУ

1.1 Аналіз світових трендів в галузі автоматизації переробки відходів

1.1.1 Огляд сучасних трендів та статистики

ПЕТ-пластик (поліетилентерефталат) є одним з найпоширеніших матеріалів для виготовлення одноразової упаковки, особливо пляшок для напоїв, ємностей для продуктів харчування та побутової хімії [1]. Цей полімерний матеріал вирізняється легкістю, прозорістю, міцністю і стійкістю до зовнішніх впливів, що робить його ідеальним для пакування. Проте через свою тривалу здатність до розкладання ПЕТ-пластик має негативний вплив на навколишнє середовище, адже значний його обсяг залишається неутилізованим, накопичуючись на сміттєзвалищах і у природі [1]. На сьогодні, для вирішення цієї проблеми у світі активно впроваджуються технології збору, сортування та переробки ПЕТ-пластику, оскільки його обробка і повторне використання суттєво знижують екологічне навантаження [2].

Металеві бляшанки також широко використовуються у пакуванні напоїв, харчових продуктів та інших товарів. Зазвичай ці ємності виготовляються з алюмінію або сталі, що забезпечує їх високу стійкість і придатність до переробки [3]. Алюмінієві бляшанки особливо вигідні для економіки замкненого циклу, оскільки їх можна переробляти безкінечно без втрати якості. Переробка алюмінію також є менш енергоємною порівняно з його первинним виробництвом, що додатково сприяє зниженню витрат та енергоспоживання [3].

Проте як ПЕТ-пластик, так і металеві бляшанки створюють певні виклики у процесах переробки. ПЕТ-пластик потребує попереднього очищення від сторонніх домішок, таких як етикетки та ковпачки, що ускладнює автоматизацію процесів [3]. Металеві бляшанки легше піддаються обробці, але також потребують сортування та ефективної логістики. Це робить важливим

використання сучасних технологій для збору, обробки і транспортування обох видів відходів [4].

В Україні щорічно утворюється понад 10 млн тонн твердих побутових відходів, але на переробку відправляється не більше 10% від них [2]. З огляду на європейські стандарти, де утилізація і переробка становить до 50-60%, вітчизняна ситуація демонструє значний потенціал для покращення [5].

Наразі в Україні працюють 35 підприємств з переробки пластику, 17 — з переробки макулатури і 27 — зі склобою, однак завантажені вони лише на 40% і навіть змушені імпортувати сировину з-за кордону (рис. 1.1.) [6]. Також у країні функціонує лише один сміттєспалювальний завод у Києві. До початку війни діяли сміттєспалювальні установки на Харківщині, а також близько тридцяти сортувальних ліній, однак багато з них було пошкоджено через бойові дії.

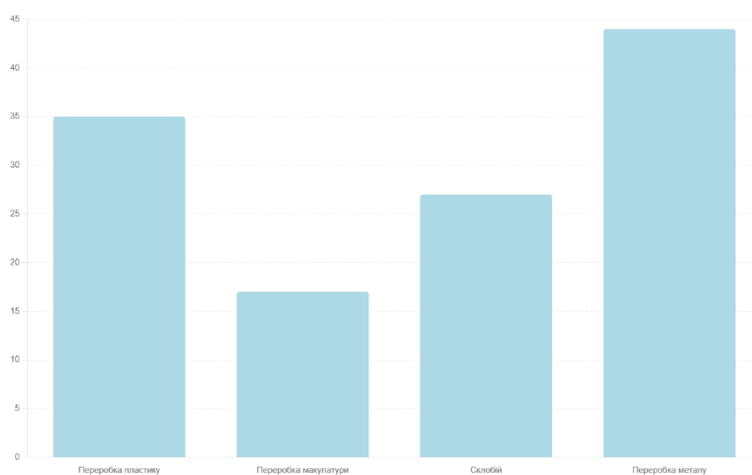


Рис. 1.1. Кількість підприємств з переробки в Україні за видами матеріалів

За даними на 2023 рік, в Україні переробляється приблизно 10% побутових відходів (з яких 8,3% йдуть на вторинну переробку, а 1,7% спалюються для отримання енергії) (рис. 1.2.) [6]. Зважаючи на європейський досвід, для забезпечення ефективної переробки та утилізації Україні потрібно значно розширити інфраструктуру. Ідеальною метою, за прикладом розвинених країн ЄС, було б забезпечити переробку щонайменше 50% побутових відходів [5].

Через російську агресію українська інфраструктура переробки суттєво постраждала, і численні підприємства зупинили роботу. Наприклад, був

зупинений Рубіжанський картонно-паперовий завод, який забезпечував 26% ринку переробки картону та паперу, а також склозаводи в Гостомелі та Малинівці, заводи з переробки ПЕТ-тари в Херсоні, Чернігові, Харкові та Броварах [6].

Розподіл твердих побутових відходів в Україні (щорічно)



Рис. 1.2. Розподіл твердих побутових відходів

У зв'язку з цим розробка автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм та бляшанок є надзвичайно актуальною. З одного боку, система сприятиме збору і переробці відходів безпосередньо в громадах, зменшуючи їхнє накопичення та забруднення довкілля. З іншого боку, автоматизація і оптимізація логістичних процесів через мобільні додатки і веб-портали забезпечать економічно доцільний розподіл ресурсів, що особливо важливо у період відновлення інфраструктури.

Світові тренди у сфері переробки ПЕТ-форм та бляшанок:

1. Зростання уваги до переробки та повторного використання: у багатьох країнах посилюється акцент на зниження кількості пластикових відходів та підвищення рівня їх переробки [4]. Це обумовлено як екологічними, так і економічними факторами, оскільки переробка ПЕТ-форм і бляшанок допомагає зменшити забруднення, економить ресурси та підтримує кругову економіку.

2. Технології для автоматизації збору та сортування відходів: збільшується впровадження робототехніки та ШІ в переробку для підвищення точності та ефективності сортування [4]. Використання сенсорів та алгоритмів машинного

навчання дозволяє автоматизувати процеси сортування, що значно підвищує швидкість і якість відбору матеріалів, придатних до переробки.

3. Цифрові рішення та мобільні додатки для стимулювання залучення громадян: для підвищення рівня участі громадян у сортуванні відходів активно використовуються мобільні додатки та веб-портали, які забезпечують зручний доступ до інформації про пункти прийому відходів і винагороджують користувачів за здачу ПЕТ-форм та бляшанок [1]. Це сприяє підвищенню екологічної обізнаності населення та зменшенню кількості сміття на звалищах.

4. Розвиток IoT для контролю збору та обробки відходів: світові рішення часто включають «розумні» баки, які відстежують наповненість і спрямовують дані в централізовану систему управління [1]. Дана система, яка інтегрує мобільний додаток для користувачів і веб-портал для адміністраторів, дозволяє централізовано координувати процеси збору та переробки ПЕТ-форм і бляшанок, що знижує витрати та екологічний вплив.

У сучасному світі дійсно спостерігається активний розвиток мобільних додатків, які залучають користувачів до сортування та переробки сміття. Ось кілька діючих прикладів:

1. Сортуї. Український додаток, розроблений компанією «MacPaw Labs», який допомагає розібратися у типах відходів і правилах сортування, враховуючи вимоги різних організацій [7]. Всі відходи розподілені за категоріями: одноразовий посуд, пластик, папір і картон, скло, метал, тетра-пак, батарейки. Якщо потрібна категорія відсутня, можна знайти її в розділі «Інше». Також «Сортуї» надає інформацію про організації, які займаються сортуванням, збором або переробкою, та відображає на мапі найближчі пункти прийому вторсировини [7]. Розділи «Новини» та перелік сортувальних операторів регулярно оновлюються.

2. Junker. Онлайн-платформа для навчання роздільного збору відходів, яка детально пояснює особливості кожного типу сміття та його вплив на екологію [8].

3. Ecolabel guide. Додаток, що пояснює значення екологічних маркувань на упаковках різних продуктів [9]. Містить довідник з інформацією про надійні системи сертифікації та їхні логотипи.

Отже, аналізуючи успішні приклади мобільних додатків для сортування та переробки відходів, можна дійти висновку, що створення подібного застосунку для досліджуваної системи є актуальним та корисним. Він сприятиме підвищенню екологічної обізнаності, допоможе користувачам ефективніше сортувати відходи та знайти пункти прийому ПЕТ-форм і бляшанок. Це дозволить не лише залучити більше людей до системи, але й поліпшить ефективність збору та переробки вторсировини, що є важливим кроком у вирішенні екологічних проблем.

Підсумовуючи вищезазначене, можна виділити кілька ключових висновків:

- Проблема накопичення відходів на сміттєзвалищах є гострою в усьому світі.
- В Україні відчувається значний дефіцит сировини, готової до переробки.
- Сфера збору, обробки та переробки сировини швидко розвивається, впроваджуються нові технології, що робить її перспективною та привабливою для інвестицій.

Враховуючи це, впровадження автоматизованої системи зі збору і обробки ПЕТ-форм та бляшанок є доцільним рішенням.

1.1.2 Аналіз існуючих систем

1. Ecola Global — це технологічний стартап, який спрощує процес сортування та здачі відходів на переробку для приватних осіб і компаній (рис 1.3.) [10].

Переваги:

- Зручність для користувачів. Ecola пропонує послугу вивезення вторинної сировини, завдяки чому користувачі можуть здавати відходи, не відвідуючи спеціальні пункти.

- Підтримка бізнесу. Компанія працює з підприємствами, допомагаючи їм впроваджувати роздільний збір відходів та перетворювати витрати на їх вивезення на додаткові доходи.

- Екологічна просвіта. Ecola активно проводить просвітницькі заходи, підвищуючи рівень екологічної свідомості громадян [10].

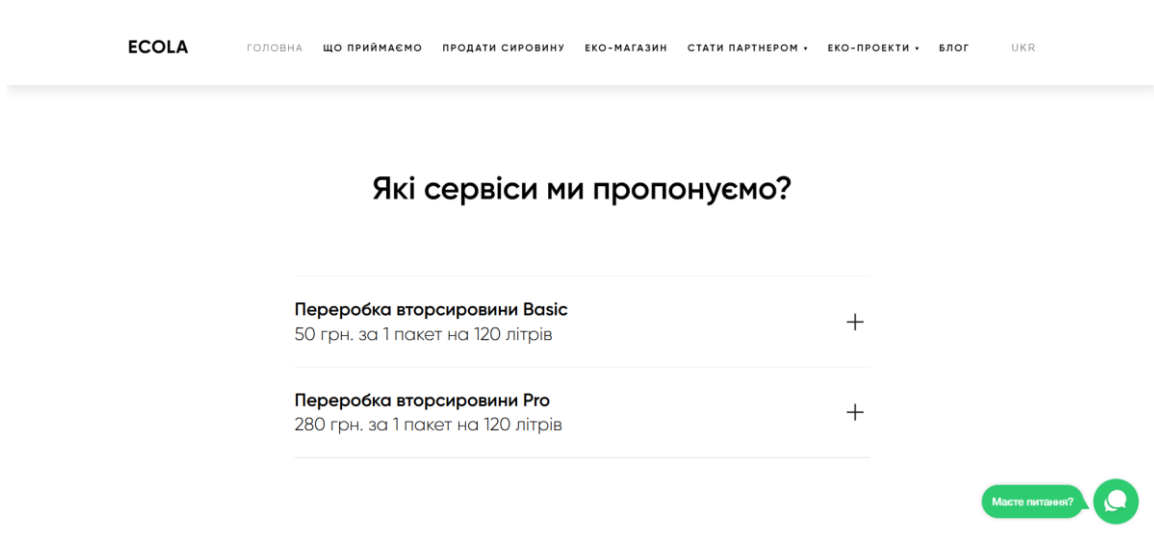


Рис. 1.3. Веб-сайт Ecola

Основний недолік системи — відсутність можливості здати невеликі обсяги відходів напряму до пункту прийому; для цього потрібно зібрати не менше ніж 120 літрів відходів і викликати кур'єра, що є платною послугою [10]. Це створює певні труднощі для користувачів:

- Незручність для тих, хто має невеликі обсяги відходів. Людям, які не накопичують багато пластику, доводиться довго збирати його, що може знижувати мотивацію сортувати відходи.

- Потреба у додатковому просторі для зберігання. Зберігання великої кількості відходів вдома є складним для тих, хто має обмежений простір, наприклад у квартирах чи гуртожитках.

- Відсутність можливості швидко позбутися відходів. Користувачі, які прагнуть регулярно здавати відходи, не можуть робити це оперативно, що може знизити їхню екологічну свідомість.

1. "Україна без сміття" (УБС) — це громадська організація, яка має на меті створення екологічно відповідальної системи сортування в Україні (рис. 1.4.) [11]. Вона поєднує освітні програми, сервісні послуги та активістські заходи, спрямовані на підвищення екологічної свідомості населення та впровадження сталих змін у сфері управління відходами.

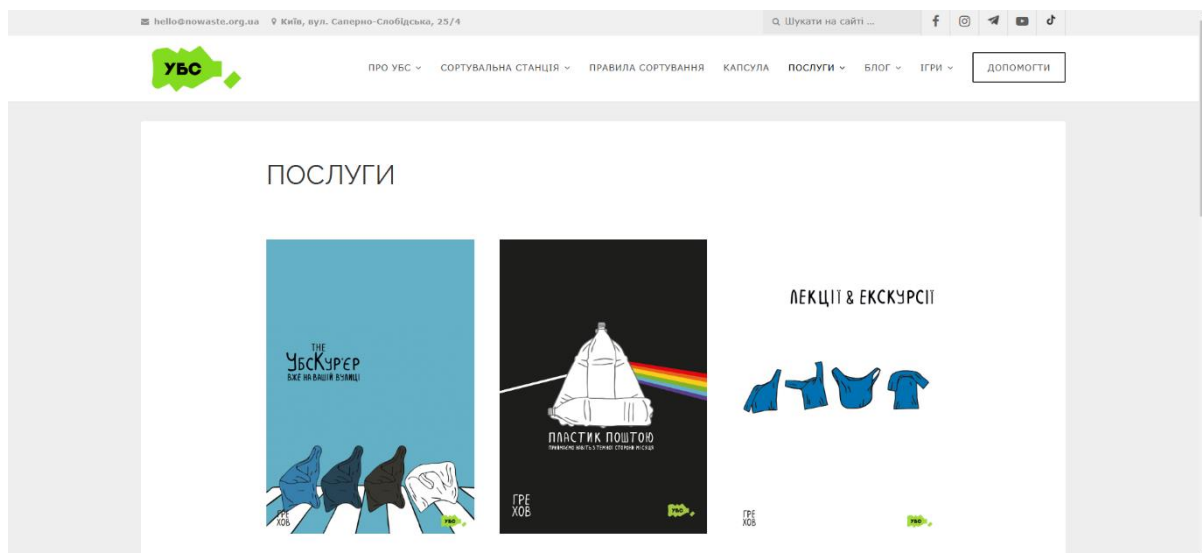


Рис. 1.4. Веб-сайт організації “Україна без сміття”

Переваги:

- Освітні заходи: УБС проводить лекції та екскурсії, які навчають аудиторію основам сортування та відповідального споживання.
- Станція сортування: організація керує громадською станцією, де можна безкоштовно сортувати понад 50 видів відходів [11].
- Інноваційні послуги: УБС пропонує послугу "УБС КУР'ЄР" для вивезення змішаних відходів у киян та мешканців передмістя, а також можливість надсилання відходів поштовими службами [11].
- Підтримка для бізнесу: програма "Зелений Офіс" допомагає компаніям організувати роздільний збір сміття та впроваджувати екологічні практики [11].

Проте, наявність лише одного пункту для самостійного здавання невеликої кількості відходів у Києві створює певні незручності для користувачів:

- Недоступність для мешканців інших міст: люди, які живуть за межами Києва, не мають зручного доступу до цього пункту, що обмежує їхню можливість долучатися до сортування.

- Незручність для киян, які проживають далеко від пункту прийому: віддаленість єдиного пункту може бути перешкодою навіть для мешканців Києва, які не готові долати значну відстань для здачі невеликої кількості відходів.

- Невелике охоплення потенційних користувачів: через наявність тільки одного пункту система може не залучати широку аудиторію, що обмежує загальний обсяг зібраної та переробленої вторсировини.

2. Recycle App — це український мобільний додаток, який допомагає користувачам легко організувати сортування та вивезення відходів (рис 1.5.) [12]. Користувачі можуть оформлювати заявки на вивезення посортованого сміття, самостійно встановлювати винагороду для кур'єра і відслідковувати доставку відходів до пунктів прийому.

Переваги:

- Зручність використання: додаток дозволяє швидко створювати заявки, додаючи фото і опис відходів, що робить процес максимально простим та зрозумілим.

- Гнучкість оплати: користувачі можуть самі визначати суму винагороди для кур'єра, що дозволяє регулювати витрати відповідно до власних потреб.

- Підтримка для бізнесу: додаток підходить як для індивідуальних користувачів, так і для компаній та офісів, пропонуючи рішення для вивезення великих обсягів відсортованих відходів.

- Прозорість процесу: кур'єри надають фото- та відеозвіти про доставку відходів, що підвищує довіру до сервісу та прозорість роботи.

Недоліки:

- Обмежена територія обслуговування: наразі додаток доступний лише в Києві, що обмежує можливості використання для мешканців інших міст і регіонів.

- Залежність від кур'єрів: робота сервісу залежить від наявності та надійності кур'єрів, що може впливати на якість і швидкість обслуговування.

- Необхідність попереднього сортування: користувачі мають самостійно сортувати відходи перед передачею кур'єру, що може бути незручним для деяких людей.

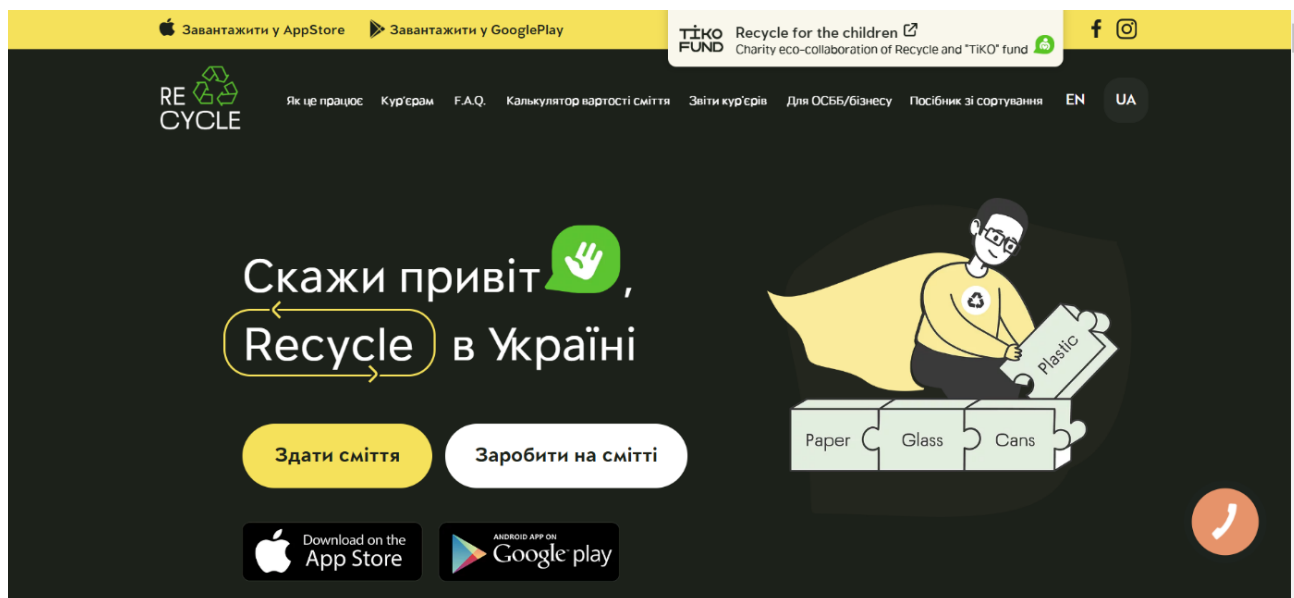


Рис. 1.5. Веб-сайт Recycle App

Аналіз існуючих систем показує, що наявні платформи збору та переробки відходів обмежені в географії обслуговування, вимагають накопичення великих обсягів відходів і залежать від кур'єрів. Відповідно система, з можливістю здавати невеликі обсяги відходів у зручних пунктах прийому, розширеною географією та оптимізаційним алгоритмом логістики, зробить процес доступнішим і зручнішим. Це рішення сприятиме ширшому залученню населення до сортування та ефективної переробки відходів.

1.2. Методології управління ІТ-проектами та аналіз впливу середовища

1.2.1. Вибір методології управління проектом

Вибір відповідної методології управління є ключовим для успішного реалізації проекту, адже вона визначає структуру, підхід до роботи та взаємодію

в команді. Розглянемо основні методології, їх переваги, недоліки та оптимальні умови застосування (таблиця 1.1.).

1. Waterfall. Послідовна методологія, де кожен етап завершено до початку наступного [13]. Вона забезпечує чітку структуру та контроль, але менш гнучка для змін, що ускладнює адаптацію на пізніх етапах. Оптимально підходить для проєктів з фіксованими вимогами.

2. Agile. Ітеративний підхід, зосереджений на адаптації до змін та постійному зворотному зв'язку [13]. Agile пропонує гнучкість і швидку адаптацію, хоча менш ефективний за умов обмежених ресурсів. Підходить для динамічних проєктів.

3. Scrum. Варіант Agile, де проєкт поділяється на короткі спринти з чіткими результатами [14]. Scrum дозволяє швидко реагувати на зміни, однак вимагає високої дисципліни. Ідеальний для інноваційних проєктів, де важлива швидка адаптація.

4. Kanban. Візуальний метод управління потоком завдань, добре підходить для контролю кількох паралельних процесів. Kanban відрізняється простотою та гнучкістю, але може бракувати чіткої структури. Найкраще працює для проєктів із паралельними задачами [14].

Таблиця 1.1.

Порівняння методологій управління ІТ проєктами

	Методологія	Особливості	Переваги	Недоліки	Оптимальні умови застосування
1	Waterfall	Послідовне виконання етапів, підходить для проєктів з фіксованими термінами	Чітка структура, легко контролювати процес	Важко змінити етапи після початку	Проєкти з фіксованими та незмінними вимогами

	Методологія	Особливості	Переваги	Недоліки	Оптимальні умови застосування
2	Agile	Ітеративний підхід, зосереджений на зворотному зв'язку	Швидка адаптація до змін	Менш ефективний за умов обмежених ресурсів	Динамічні проекти з невизначеними вимогами
3	Scrum	Поділ на спринти, з чіткими результатами на кожному етапі, дозволяє адаптацію до змін	Регулярні результати, висока адаптивність	Вимагає чіткої організації, високий рівень дисципліни	Інноваційні проекти, де важлива швидка адаптація
4	Kanban	Візуалізація потоку завдань, підходить для контролю паралельних процесів	Простота, зручність для паралельних завдань	Відсутність чіткої структури, можливість затримок	Проекти з паралельними завданнями, які потребують візуалізації

Для досліджуваного проекту створення автоматизованої системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок найбільш доцільним є підхід Agile з елементами Scrum. Цей вибір обумовлений кількома важливими факторами.

По-перше, Agile забезпечує гнучкість і можливість адаптуватися до змін у вимогах, які можуть виникати протягом реалізації проекту. У даному випадку специфікації системи можуть коригуватися, залежно від потреб користувачів або нових технічних можливостей.

По-друге, елементи Scrum дозволяють структурувати проект у вигляді коротких циклів (спринтів), кожен з яких приносить конкретний результат. Це дозволяє командам швидко перевіряти функціональність, вчасно виявляти

проблеми та своєчасно вносити зміни. Постійна оцінка результатів сприяє підвищенню якості продукту й ефективності розробки, що особливо важливо в контексті створення системи з багатокомпонентною архітектурою.

Таким чином, Agile з елементами Scrum надасть можливість оперативно реагувати на нові вимоги, контролювати якість кожного етапу й підвищити адаптивність команди, що є критично важливим для динамічного проєкту з акцентом на інноваційні рішення.

1.2.2. Аналіз впливу середовища

У сучасних умовах, які характеризуються високою мінливістю та непередбачуваністю, аналіз впливу середовища є ключовим етапом планування проєкту. Він дозволяє оцінити зовнішні фактори, що можуть вплинути на його успішність, а також підготувати проєкт до швидких змін і можливих ризиків. Такий підхід сприяє адаптації до нових умов і допомагає краще зрозуміти потреби зацікавлених сторін, що підвищує шанси на ефективну реалізацію проєкту.

У цьому розділі будуть проведені PEST-аналіз (оцінка політичних, економічних, соціальних і технологічних факторів) і аналіз впливу зацікавлених сторін, що допоможе визначити ключових учасників проєкту, їхні інтереси та рівень впливу на впровадження системи [15].

PEST-аналіз

Політичні фактори

- Регулювання та політика у сфері прийому відходів: в Україні існує законодавча база, яка регулює поведження з відходами, включаючи прийом і переробку пластикових відходів. Прийняття нових законів і політик, спрямованих на підтримку сортування, переробки та зменшення використання одноразового пластику, може сприяти розвитку систем прийому і обробки PET-форми та бляшанок (таблиця 1.2.).

- Підтримка з боку уряду: наявність державних програм та субсидій для підтримки підприємств, що займаються сортуванням відходів, може значно

вплинути на розвиток цієї галузі. Урядова підтримка, така як фінансування інфраструктурних проектів, сприяє залученню інвестицій та покращенню технологічних процесів.

Таблиця 1.2.

Характер та ступінь впливу політичних факторів

Фактори впливу Середовища	Характер впливу фактору	Оцінка експертів факторів впливу (max = 3б.)			Середній бал
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
Регулювання та політика у сфері переробки відходів	+	3	2	3	2,67
Підтримка з боку уряду	+	2	2	3	2,3
Політична нестабільність	-	2	3	2	2,67

Економічні фактори

- Рівень інвестицій: розвиток систем сортування відходів вимагає значних капіталовкладень. Сприятливий інвестиційний клімат та доступність фінансування можуть прискорити впровадження нових технологій та розширення потужностей (таблиця 1.3.).

- Ціни на сировину та матеріали: коливання цін на первинні та вторинні матеріали впливає на економічну доцільність сортування та переробки. Високі ціни на первинний пластик можуть стимулювати попит на перероблені матеріали, такі як rPET.

- Економічна стабільність: загальна економічна ситуація в країні також впливає на розвиток галузі. В умовах економічної нестабільності інвестиції у обробку відходів можуть скоротитися, що негативно вплине на розвиток інфраструктури та технологій.

Таблиця 1.3.

Характер та ступінь впливу економічних факторів

Фактори впливу середовища	Характер впливу фактору	Оцінка експертів факторів впливу (max = 3б.)			Середній бал
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
Рівень інвестицій	+	3	3	2	2,67
Ціни на сировину та матеріали	+	2	2	2	2
Економічна стабільність	+	1	2	1	1,33
Інфляція	-	2	3	3	2,67

Соціальні фактори

- Обізнаність населення: рівень обізнаності та підтримки з боку населення щодо проблеми пластикових відходів та необхідності їх переробки має значний вплив на успішність систем прийому та обробки PET-форми та бляшанок. Освітні кампанії та громадські ініціативи можуть підвищити рівень участі громадян у сортуванні та переробці відходів (таблиця 1.4.).

- Соціальна відповідальність бізнесу: компанії все більше усвідомлюють важливість соціальної відповідальності та впливу на довкілля. Підтримка таких

ініціатив з боку великих брендів та виробників може сприяти розвитку систем переробки.

Таблиця 1.4.

Характер та ступінь впливу соціальних факторів

Фактори впливу середовища	Характер впливу фактору	Оцінка експертів факторів впливу (max = 3б.)			Середній бал
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
Обізнаність населення	+	2	3	3	2,67
Соціальна відповідальність бізнесу	+	2	1	2	1,67

Технологічні фактори

- Інновації та розвиток технологій: впровадження новітніх технологій переробки, таких як автоматизовані системи сортування та переробки, можуть значно підвищити ефективність та економічну доцільність процесів. Інвестиції у дослідження та розвиток нових методів переробки є ключовим фактором успіху (таблиця 1.5.).

- Інфраструктура: наявність сучасної інфраструктури для збору, сортування та переробки відходів є критично важливою. Розвиток інфраструктури, включаючи сміттєпереробні заводи, логістичні центри та системи збирання відходів, сприяє ефективному функціонуванню системи.

- Інформаційні технології: використання інформаційних технологій для оптимізації процесів збору та обробки відходів може підвищити продуктивність та зменшити витрати. Інтеграція ІТ-рішень, таких як мобільні додатки для

відстеження збору відходів та автоматизовані системи управління, сприяє підвищенню ефективності.

Таблиця 1.5.

Характер та ступінь впливу технологічних факторів

Фактори впливу середовища	Характер впливу фактору	Оцінка експертів факторів впливу (max = 3б.)			Середній бал
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
Інновації та розвиток технологій	+	3	3	3	3
Інфраструктура	+	2	2	3	2,67
Інформаційні технології	+	3	2	2	2,67

Проведений PEST-аналіз демонструє як позитивні, так і негативні фактори, що впливають на проєкт автоматизованої системи прийому і обробки PET-форм та бляшанок, і пропонує відповідні рекомендації для успішного розвитку проєкту (таблиця 1.6.).

Таблиця 1.6.

Підсумки та рекомендації

Фактор	Вплив на галузь	Зміни, які можуть з'явитись	Рекомендовані дії
Регулювання та політика у сфері регулювання відходів	Вплив на розвиток переробки	Нові закони можуть стимулювати розвиток	Моніторинг та активна участь у формуванні політики

Фактор	Вплив на галузь	Зміни, які можуть з'явитись	Рекомендовані дії
Інновації та розвиток технологій	Вплив на ефективність та конкурентоспроможність	Впровадження нових технологій підвищить ефективність	Інвестиції в новітні технології та обладнання
Рівень інвестицій	Вплив на впровадження нових технологій	Збільшення інвестицій призведе до розширення потужностей	Створення сприятливого інвестиційного клімату
Обізнаність населення	Вплив на участь громадян у переробці	Підвищення обізнаності збільшить участь у сортуванні	Проведення освітніх кампаній
Інфляція	Вплив на витрати та фінансування	Збільшення витрат на матеріали та обладнання	Контроль витрат

Аналіз впливу зацікавлених сторін

Аналіз зацікавлених сторін показує, що для ефективною реалізації проєкту автоматизованої системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок важливо врахувати інтереси та очікування основних учасників (див. Додаток А). Міська влада зацікавлена в зменшенні обсягів відходів та покращенні екологічної ситуації в місті. Проєкт може суттєво знизити навантаження на міську інфраструктуру та зменшити забруднення, а влада, затверджуючи ініціативу та забезпечуючи її підтримку, має значний вплив на її реалізацію.

Переробні підприємства, своєю чергою, зацікавлені у стабільному постачанні сировини, що дозволить їм знизити витрати на її отримання та оптимізувати виробничі процеси. Співпраця з цими підприємствами сприяє інтеграції з інфраструктурою переробки.

Громадяни як кінцеві користувачі системи прагнуть до зручного інструменту для утилізації відходів, що дозволяє їм легко здавати відходи та

сприяє чистоті довкілля. Попит з їхнього боку та зворотний зв'язок забезпечують важливий внесок у вдосконалення системи відповідно до їхніх потреб.

Інвестори, які фінансують проєкт, очікують отримання прибутку та повернення інвестицій, і їхня участь у проєкті забезпечує фінансову стабільність та стратегічний розвиток.

Також підтримку надають екологічні організації, які сприяють зниженню рівня забруднення та просуванню екологічних ініціатив, забезпечуючи інформування та залучення населення.

Розробники та технічна команда, відповідальні за створення системи, зацікавлені в успішному завершенні проєкту, оскільки це сприяє їхньому професійному розвитку та приносить фінансові вигоди.

Отже, усі зацікавлені сторони мають взаємопов'язані інтереси, які можуть підтримати або вплинути на успіх проєкту. Влада та інвестори забезпечують стратегічну і фінансову підтримку, переробні підприємства та екологічні організації сприяють інтеграції та просуванню проєкту, а громадяни формують попит та забезпечують зворотний зв'язок. Ефективна взаємодія з кожною з цих сторін є ключем до успіху та довготривалої стабільності проєкту.

1.3. Аналіз функцій окремих частин проєкту

Необхідно визначити компоненти проєкту та їх ключові завдання, а також оптимізувати їхню роботу відповідно до потреб системи та користувачів. Проєкт складається з таких основних функціональних частин: мобільний додаток для користувачів, веб-застосунок для адміністраторів і операторів, серверна частина та база даних.

1. Мобільний додаток для користувачів: мобільний додаток виконує функцію основного інтерфейсу для взаємодії користувачів із системою. Він повинен надавати зручний доступ до інформації про найближчі пункти прийому відходів, інструкції з сортування, можливість реєструватися та отримувати заохочення за здачу відходів. Для цього функціональне призначення додатка

включає забезпечення простого інтерфейсу, швидкої обробки запитів та сумісності з популярними мобільними операційними системами.

2. Веб-застосунок для адміністраторів та операторів: веб-застосунок призначений для управління операційними процесами системи та аналізу даних, а також для моніторингу та контролю роботи пунктів прийому. Його функціональне призначення охоплює надання інструментів для адміністраторів і операторів, які дозволяють відстежувати обсяги зібраних відходів, оновлювати дані про пункти прийому, а також проводити аналітику й обчислення за допомогою оптимізаційного алгоритму. Цей алгоритм має розраховувати економічно вигідний розподіл обсягів відходів між пунктами та центрами переробки, мінімізуючи витрати на транспортування.

3. Автоматизовані пункти прийому: автоматизовані пункти прийому виконують роль збору та первинної обробки відходів, забезпечуючи зручність для користувачів. Ці пункти мають бути інтегровані з мобільним додатком та веб-застосунком, дозволяючи відслідковувати обсяги зібраних відходів у реальному часі, забезпечувати облік кожної транзакції та надавати користувачам інформацію про стан їхніх здач. Функціональне призначення цих пунктів включає надійне та безпечне приймання ПЕТ-форм і бляшанок, підготовку до транспортування і зберігання до моменту передачі на переробку.

4. Серверна частина: серверна частина забезпечує обробку та управління даними, що передаються від мобільного додатка, веб-застосунка та автоматизованих пунктів прийому. Її функціональне призначення полягає в забезпеченні стабільного зберігання й обробки даних, підтриманні безпеки, масштабованості та надійності всієї системи. Сервер повинен забезпечувати обробку запитів у реальному часі, підтримувати резервування та забезпечувати захист персональних даних.

5. База даних: база даних є основним сховищем усієї інформації, пов'язаної з роботою системи: даних про користувачів, пункти прийому, обсяги зібраних відходів та транзакції. Її функціональне призначення охоплює надійне зберігання даних, швидкий доступ до них та забезпечення резервного копіювання. Залежно

від специфікацій проєкту, може бути обрана реляційна або нереляційна база даних для підтримки гнучкості та масштабованості.

Функціональне призначення кожного компонента системи дозволяє побудувати надійну та інтегровану архітектуру, де кожна частина виконує свою унікальну роль у забезпеченні ефективного збору та обробки відходів.

1.4. Формулювання проблемної області

Аналіз проблемної області вказує на кілька основних питань, які потребують вирішення для зменшення негативного впливу ПЕТ-пластику та металевих бляшанок на довкілля та підвищення рівня їх утилізації в Україні.

Накопичення твердих побутових відходів, зокрема ПЕТ-пластику та металевих бляшанок, є однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення. Через тривалий процес розкладання та низький рівень утилізації ці відходи забруднюють навколишнє середовище, негативно впливаючи на екосистеми та здоров'я людей. Головною проблемою є саме *низький рівень переробки та утилізації таких відходів*.

Причиною цього є, зокрема, *обмежена інфраструктура для збору та переробки*. Чинна система не охоплює всі населені пункти, а наявні пункти прийому і переробні підприємства часто знаходяться на відстані від багатьох громад, що ускладнює транспортування та робить утилізацію менш доступною. Це, у свою чергу, знижує мотивацію населення до сортування та здачі вторсировини.

Також значну роль відіграє *недостатня обізнаність та залученість населення*. Багато громадян недостатньо поінформовані про переваги переробки та належні методи утилізації ПЕТ-пластику та бляшанок, що знижує ефективність збору вторсировини. Відсутність зручних механізмів для здачі відходів також ускладнює процес навіть для екологічно свідомих людей.

Додатковою перешкодою є *високі витрати на логістику та транспортування*. Через розкиданість пунктів прийому та не оптимізовану

логістику процес збору та транспортування відходів до переробних підприємств є затратним, що негативно впливає на економічну ефективність системи загалом.

Таким чином, досліджувана в даній кваліфікаційній роботі автоматизована система збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, що включає автоматизовані пункти прийому, веб-застосунок для управління процесами, а також мобільний додаток для залучення громадян, дозволить оптимізувати процеси збору і транспортування відходів. Це сприятиме збільшенню обсягів зібраної вторсировини, зниженню витрат на логістику та підвищенню обізнаності населення. У підсумку така система зменшить екологічне навантаження та сприятиме впровадженню сталих екологічних практик в Україні.

1.5 Визначення елементів наукової новизни та інноваційного аспекту

Проєкт спрямований на розробку автоматизованої системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, що поєднує передові підходи до сортування та управління відходами з елементами сучасних технологій і принципів автоматизації. Елементи наукової новизни та інноваційного аспекту проєкту полягають у таких ключових рішеннях:

- Оптимізація логістичних процесів: використання оптимізаційного алгоритму для розподілу відходів між пунктами збору та переробними підприємствами мінімізує витрати на транспортування та підвищує загальну ефективність логістики, що є новим підходом у сфері управління відходами.

- Автоматизовані пункти прийому: новизна проєкту проявляється у впровадженні автоматизованих пунктів прийому відходів, які забезпечують швидке та зручне обслуговування громадян, автоматичний облік і прозорість процесів збору і передачі сировини до пунктів переробки.

- Централізоване управління через веб-застосунок: інноваційний підхід включає веб-застосунок для адміністраторів і операторів, що забезпечує моніторинг, управління та аналітику збору відходів у реальному часі. Це підвищує оперативність та ефективність управління, дозволяючи швидко реагувати на зміни та контролювати обсяги зібраної вторсировини.

Додатково, впровадження мобільного застосунку для користувачів є важливим інноваційним аспектом проєкту, адже він сприяє залученню громадян, підвищенню екологічної обізнаності та мотивації до участі в системі. Мобільний додаток дозволяє користувачам зручно знаходити пункти прийому, дізнаватися інструкції з сортування та отримувати заохочення, роблячи систему більш доступною та зручною.

Ці аспекти відповідають актуальним вимогам та потребам суспільства та забезпечать конкурентоспроможність досліджуваного проєкту на ринку, сприятимуть його ефективності й стійкому розвитку.

1.6 Формулювання технічного завдання. Паспорт проєкту.

Паспорт проєкту містить ключову інформацію про проєкт "Автоматизована система прийому та обробки PET-форм та бляшанок". Основна ціль проєкту полягає у розробці та впровадженні автоматизованої системи, яка знизить витрати на обробку вторсировини, підвищить швидкість та точність процесів, зменшить ручну працю та інтегрується з існуючими системами управління. Проєкт передбачає кілька етапів: від аналізу вимог та розробки технічного завдання до монтажу, пілотного впровадження та оцінки результатів.

Паспорт проєкту

1. Назва проєкту: проєкт створення та впровадження автоматизованої системи прийому та обробки PET-форм та бляшанок.
2. Ознаки проєкту:
 - Цільова діяльність: розробка та впровадження автоматизованої системи збору та обробки PET-форм і бляшанок для оптимізації процесів збору, логістики та підвищення рівня утилізації відходів.
 - Обмеженість часу: проєкт має визначені терміни реалізації, які включають етапи дослідження, розробки, тестування та впровадження.

- Обмеженість ресурсів: проєкт обмежений фінансовими, технічними та людськими ресурсами, що потребує оптимізації використання бюджету, команди та матеріалів.
- Унікальність результату: інтегрована система, яка поєднує автоматизовані пункти прийому, мобільний застосунок і веб-застосунок, підвищує екологічну обізнаність і полегшує процес утилізації в Україні.

3. Цілі проєкту:

- підвищення рівня збору та переробки ПЕТ-форм і бляшанок в Україні;
- зниження витрат на логістику та покращення ефективності збору відходів;
- підвищення екологічної обізнаності та залучення громадян до процесу утилізації.

4. Зацікавлені сторони:

- міська влада зацікавлена в зменшенні обсягів відходів та покращенні екологічної ситуації, що позитивно вплине на інфраструктуру та екологію міста;
- переробні підприємства очікують на стабільний потік сировини для переробки, що дозволить знизити витрати на її отримання та підвищити рентабельність;
- громадяни (користувачі системи) прагнуть до зручного способу утилізації відходів, що сприятиме збереженню довкілля та полегшить їхню участь у переробці;
- інвестори зацікавлені в досягненні фінансової віддачі від своїх вкладень та отриманні прибутку в довгостроковій перспективі;
- екологічні організації підтримують зниження рівня забруднення та реалізацію проєктів, які сприяють досягненню екологічних цілей;
- розробники та технічна команда прагнуть успішної реалізації проєкту, що забезпечить їм професійний розвиток, репутаційні та фінансові вигоди.

5. Завдання для досягнення цілей:

- створити мобільний застосунок для користувачів, який забезпечить інформаційну підтримку та мотивацію до здачі відходів;
- розробити веб-застосунок для адміністраторів, який забезпечить моніторинг і оптимізацію логістики;
- впровадити автоматизовані пункти прийому з інтегрованими функціями обліку та звітності;
- розробити оптимізаційний алгоритм для розподілу обсягів відходів між пунктами збору та переробними підприємствами.

6. Результати проєкту:

- автоматизована система збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, що включає інтеграцію мобільного додатка, веб-застосунка та пунктів прийому;
- підвищення обсягів зібраної вторсировини;
- зниження витрат на логістику та покращення екологічної ситуації в регіонах, де буде впроваджено проєкт.

7. Продукт проєкту - повнофункціональна автоматизована система збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, яка включає:

- мобільний застосунок для користувачів;
- веб-застосунок для адміністраторів;
- автоматизовані пункти прийому з функцією обліку.

1.7 Життєвий цикл проєкту

Життєвий цикл проєкту автоматизованої системи прийому та обробки ПЕТ-форм та бляшанок складається з п'яти основних етапів: ініціація, планування, виконання, моніторинг та контроль, і завершення (див. Додаток Б). Кожен етап має свої специфічні задачі та результати, що забезпечує структурований підхід до управління проєктом та досягнення його цілей.

Таблиця 1.7 ілюструє ключові віхи проєкту, відображаючи основні етапи його реалізації в хронологічному порядку. Кожна віха представляє завершення

важливого етапу роботи, починаючи з ініціації проєкту та затвердження концепції до офіційного завершення наприкінці грудня 2025 року. Серед найважливіших етапів — розробка технічних вимог, виготовлення прототипів автоматизованих пунктів прийому, інтеграція компонентів системи, а також впровадження і запуск системи в пілотну експлуатацію. Така структуризація забезпечує ефективне планування та контроль за ходом реалізації проєкту.

Таблиця 1.7.

Віхи проєкту

Календарна дата	Віха
Лютий 2025	Початок проєкту та затвердження концепції
Травень 2025	Затвердження технічних вимог
Липень 2025	Завершення проєктування системи
Вересень 2025	Виготовлення прототипів автоматизованих пунктів прийому
Жовтень 2025	Інтеграція усіх розроблених компонентів системи
Листопад 2025	Завершення тестування системи
Грудень 2025	Впровадження системи та запуск у пілотну експлуатацію
Кінець грудня 2025	Офіційне завершення проєкту

РОЗДІЛ 2. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Концептуальна модель

Система – збору і обробки ПЕТ-форм і бляшанок.

Надсистема: підприємства з переробки вторинної сировини, компанії-збирачі відходів, регуляторні органи, екологічні організації, транспортні компанії (Рис. 2.1).

Підсистеми:

1. Сайт/сторінка в соціальних мережах:
 - інформаційний портал для громадськості та бізнесу про процеси збору та переробки;
 - можливість подачі запитів на збирання відходів;
 - інтерактивна карта пунктів прийому.
2. Пункти прийому/сортувальні станції:
 - місця, де відбувається прийом пет-форм і бляшанок;
 - містять обладнання для первинного сортування та зберігання.
3. Співробітники
 - оператори прийому відходів;
 - технічний персонал (інженери, техніки);
 - логістичний персонал (водії, вантажники);
 - адміністративний персонал (менеджери, бухгалтери).
4. Обладнання, транспорт, документи
 - обладнання: сканери, сенсори, сортувальні модулі, пресувальні машини, системи конвеєрів;
 - транспорт: вантажні автомобілі, контейнери для перевезення відходів;
 - документи: регуляторні дозволи, звіти, контракти, технічна документація.

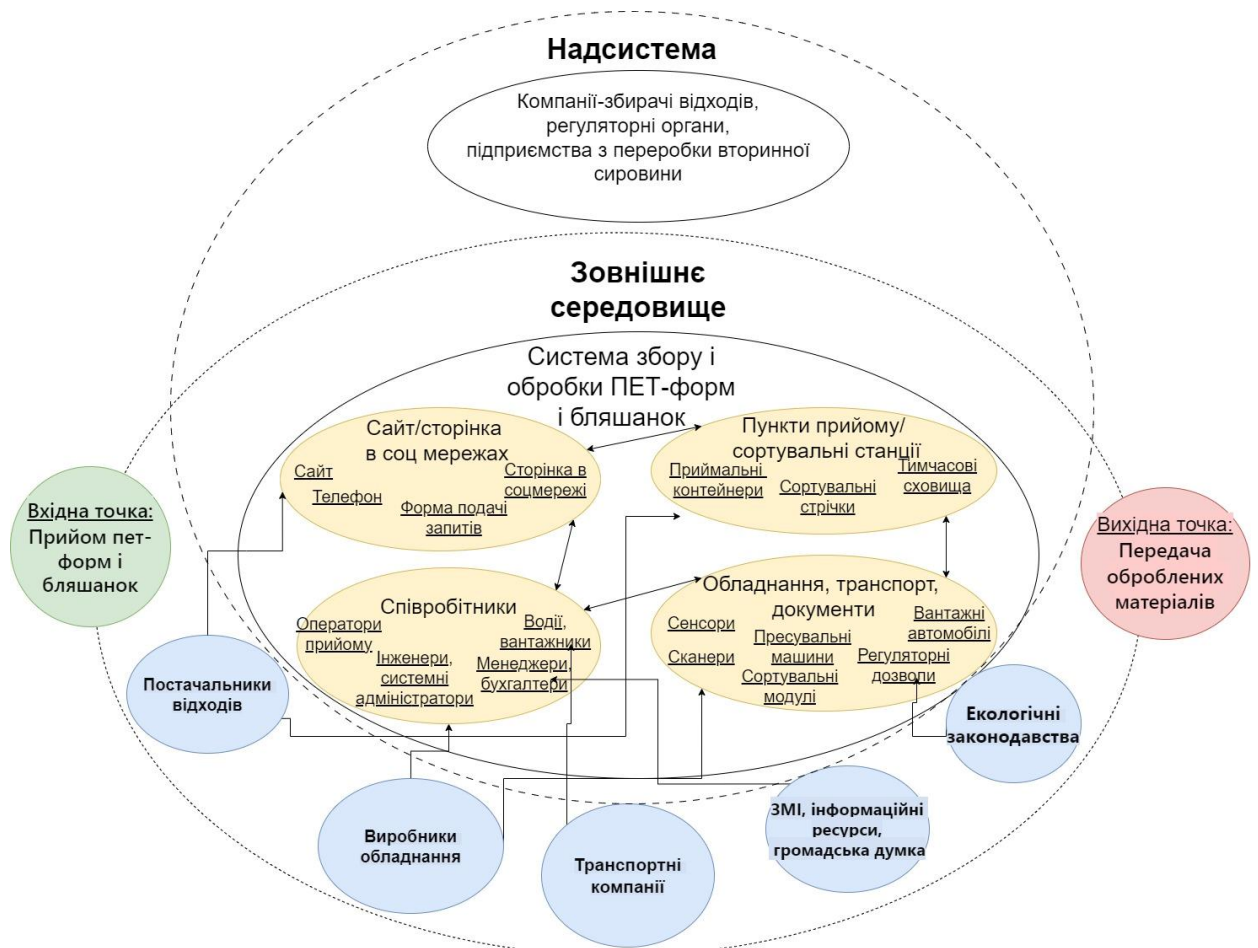


Рис. 2.1. Концептуальна модель

Зовнішні фактори впливу на систему збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок:

- компанії-збирачі відходів забезпечують регулярне постачання ПЕТ-форм і бляшанок до пунктів обробки, сприяючи стабільності роботи системи;
- виробники обладнання постачають обладнання, зокрема автоматизовані сканери, сортувальні модулі, пресувальні машини та конвеєрні системи. Інтегрують новітні технології для підвищення ефективності процесів збору, сортування та обробки відходів;
- державні органи встановлюють екологічні норми, стандарти та законодавчі вимоги для збору та переробки відходів. Видають регуляторні дозволи та здійснюють контроль за дотриманням правил у сфері утилізації вторинної сировини;

- підприємства з переробки вторинної сировини приймають пресовані блоки ПЕТ-форм і бляшанок, що постачаються системою, для їх подальшої переробки в нові матеріали та вироби;

- транспортні компанії забезпечують ефективну логістику для перевезення оброблених матеріалів між пунктами збору, сортувальними станціями та підприємствами з переробки;

- ЗМІ та інформаційні ресурси сприяють популяризації екологічної свідомості серед громадян та бізнесу, залучаючи їх до участі в програмах збору, сортування та переробки відходів. Інформують про екологічні ініціативи та результати роботи системи.

Процес прийому і обробки сировини

1. Прийом відходів

Процес починається з того, що користувачі приносять ПЕТ-форми та бляшанки до автоматизованих пунктів прийому. Пункти прийому оснащені сенсорами та сканерами, які дозволяють ідентифікувати принесені відходи.

2. Сканування та ідентифікація матеріалу

Система автоматично сканує кожен предмет, щоб визначити тип матеріалу (ПЕТ чи метал). Це необхідно для подальшого сортування та обробки. Дані про відходи зберігаються в системі для аналітики та звітності.

3. Перевірка на відповідність умовам прийому

Система перевіряє, чи відповідають відходи встановленим критеріям (наприклад, чистота ПЕТ-пляшок або відсутність сторонніх матеріалів). Якщо виявлено невідповідність, система повідомляє користувача через дисплей або мобільний додаток.

4. Сортування за категоріями

Відходи, що пройшли перевірку, сортуються за категоріями:

- Прозорий ПЕТ.
- Кольоровий ПЕТ.
- Металеві бляшанки.

Сортування виконується автоматизованими механізмами для забезпечення точності та швидкості.

5. Первинне пресування

Після сортування відходи пресуються в компактні блоки для зменшення об'єму. Це значно полегшує зберігання та транспортування до переробних підприємств.

6. Тимчасове зберігання

Пресовані блоки зберігаються в спеціальних контейнерах до моменту транспортування. Контейнери обладнані датчиками заповнення, щоб система могла автоматично формувати запити на транспортування.

7. Визначення оптимального маршруту

Система логістики на основі веб-застосунка аналізує розташування пунктів прийому, рівень заповнення контейнерів та доступність транспорту. Це дозволяє оптимізувати маршрути для зменшення витрат на перевезення.

8. Транспортування до переробних підприємств

Вантажні автомобілі доставляють пресовані блоки до підприємств з переробки вторинної сировини. Кожен транспортний засіб оснащено GPS, що дозволяє відстежувати маршрут у реальному часі.

9. Передача відходів на переробку

Переробні підприємства приймають пресовані блоки для подальшої обробки. Інформація про кількість і якість переданих відходів зберігається в системі для контролю.

10. Контроль якості сировини

На переробному підприємстві перевіряється якість отриманої сировини. У разі виявлення невідповідностей надсилаються зворотні дані для коригування роботи пунктів прийому.

11. Генерація звітів

На основі всіх даних система генерує звіти:

- для адміністрації: дані про обсяги зібраної та переробленої сировини, витрати на логістику, ефективність роботи пунктів прийому;

- для користувачів: інформація про кількість зданих відходів, отримані бонуси та внесок у захист довкілля.

Ця процедура забезпечує ефективний та екологічно відповідальний процес збору, обробки, транспортування та переробки відходів (Рис. 2.2.). Інтеграція автоматизації та оптимізації дозволяє мінімізувати витрати та максимізувати участь громадян у сортуванні сміття.

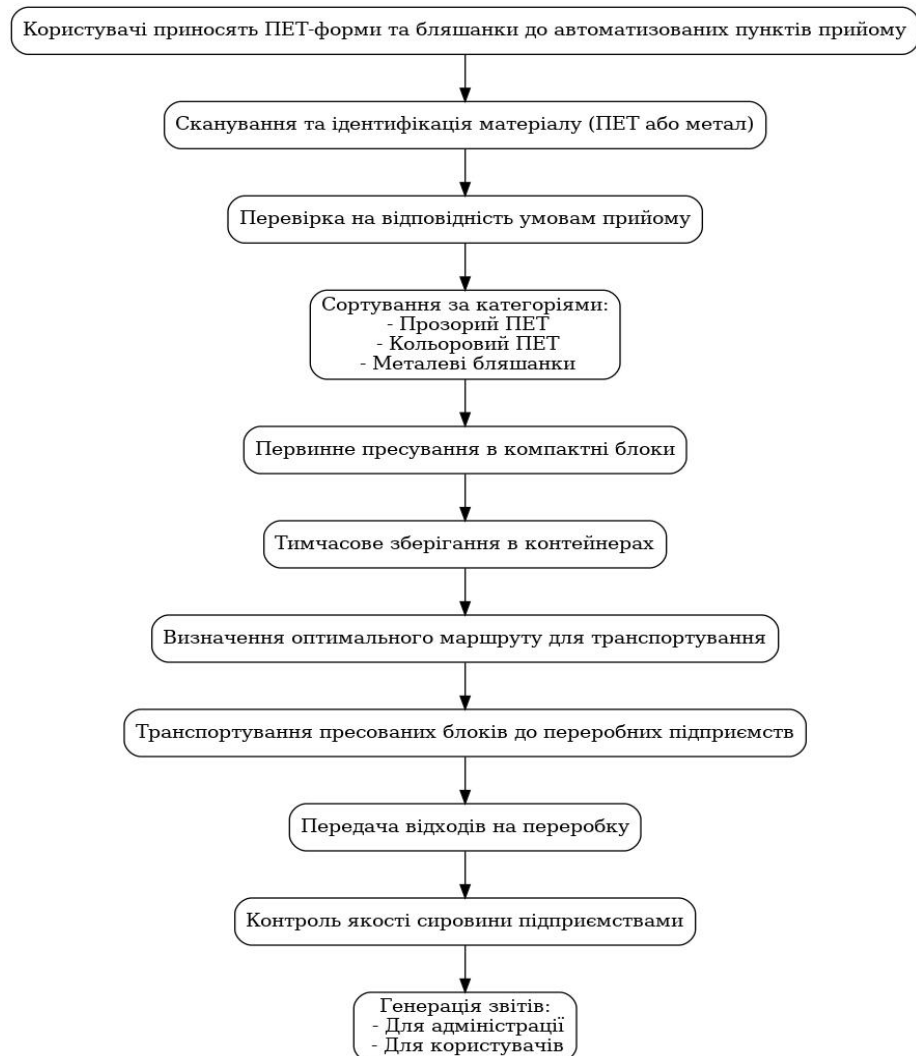


Рис. 2.2. Блок-схема процесу прийому та обробки сировини

2.2. Формування дерева проблем

Дерево проблем є одним із ключових інструментів для аналізу проблемної області, що дозволяє візуалізувати та структуровано дослідити причинно-наслідкові зв'язки між окремими аспектами проблеми [16]. Воно складається з трьох основних компонентів: корінь, який відображає основну проблему, гілки,

що показують її причини, та вершини, які представляють наслідки. Цей метод сприяє глибшому розумінню проблеми, визначенню ключових факторів, що на неї впливають, та створенню основи для розробки ефективних рішень. У контексті проєкту, дерево проблем допомагає систематизувати наявні виклики та вибудувати чіткий план дій для їх подолання.

Створення дерева проблем дозволило чітко ідентифікувати основну проблему – накопичення пластикових і металевих відходів, зокрема ПЕТ-форм і бляшанок, та її причинно-наслідкові зв'язки (Рис. 2.3.). Виділення ключових причин, таких як недостатня інфраструктура, низький рівень екологічної обізнаності населення та високі витрати на управління відходами, допомогло визначити пріоритетні напрями для розробки ефективних рішень. Аналіз наслідків цієї проблеми, серед яких забруднення довкілля, втрата ресурсів і низький рівень переробки в країні, підкреслив важливість впровадження сучасної автоматизованої системи збору та обробки відходів. Це дерево стало важливим інструментом для формування структурованого підходу до подолання існуючих викликів та планування подальших дій у проєкті.

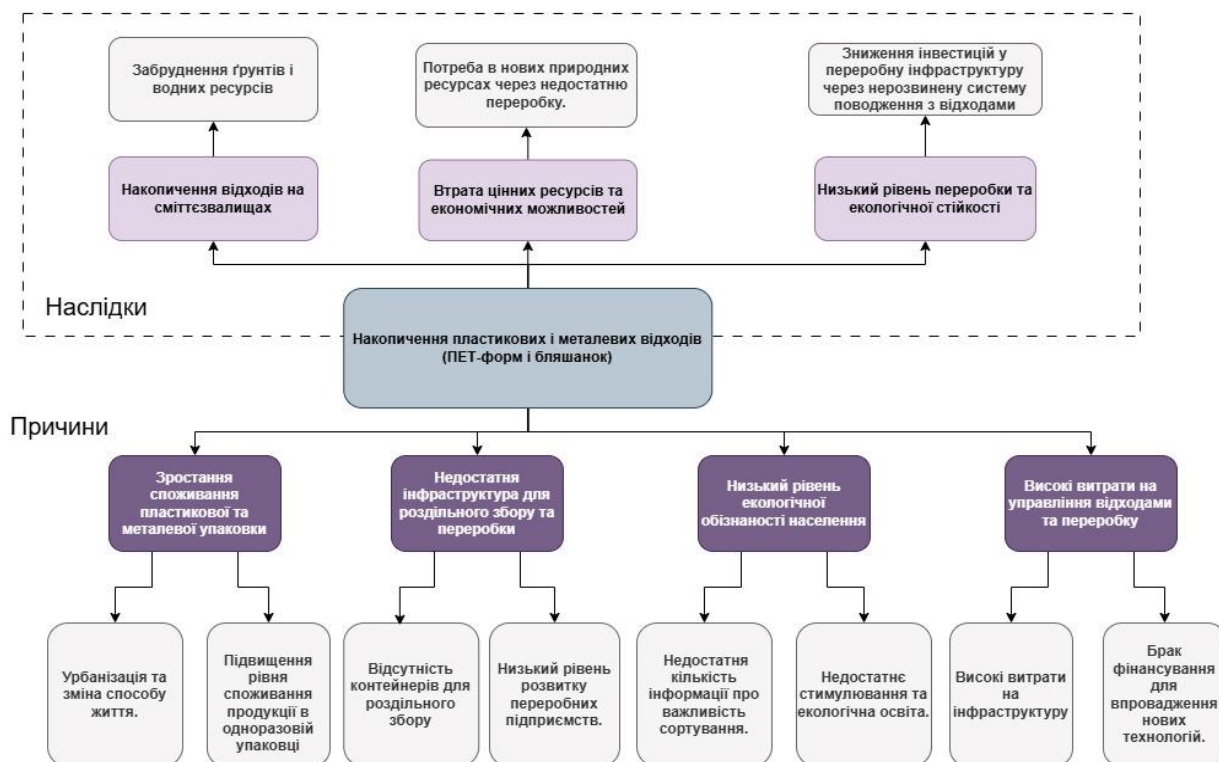


Рис. 2.3. Дерево проблем

2.3. Формування дерева цілей

Дерево цілей — це ефективний інструмент для візуалізації структури цілей проєкту, що допомагає побудувати логічний зв'язок між головною метою, підцілями та конкретними завданнями [17]. Воно дозволяє чітко зрозуміти, які етапи необхідно реалізувати для досягнення бажаного результату, а також забезпечує систематичний підхід до планування.

Фінальне дерево цілей проєкту демонструє структурований підхід до досягнення центральної мети — створення ефективної автоматизованої системи для прийому та обробки ПЕТ-форм і бляшанок (Рис.2.4.).

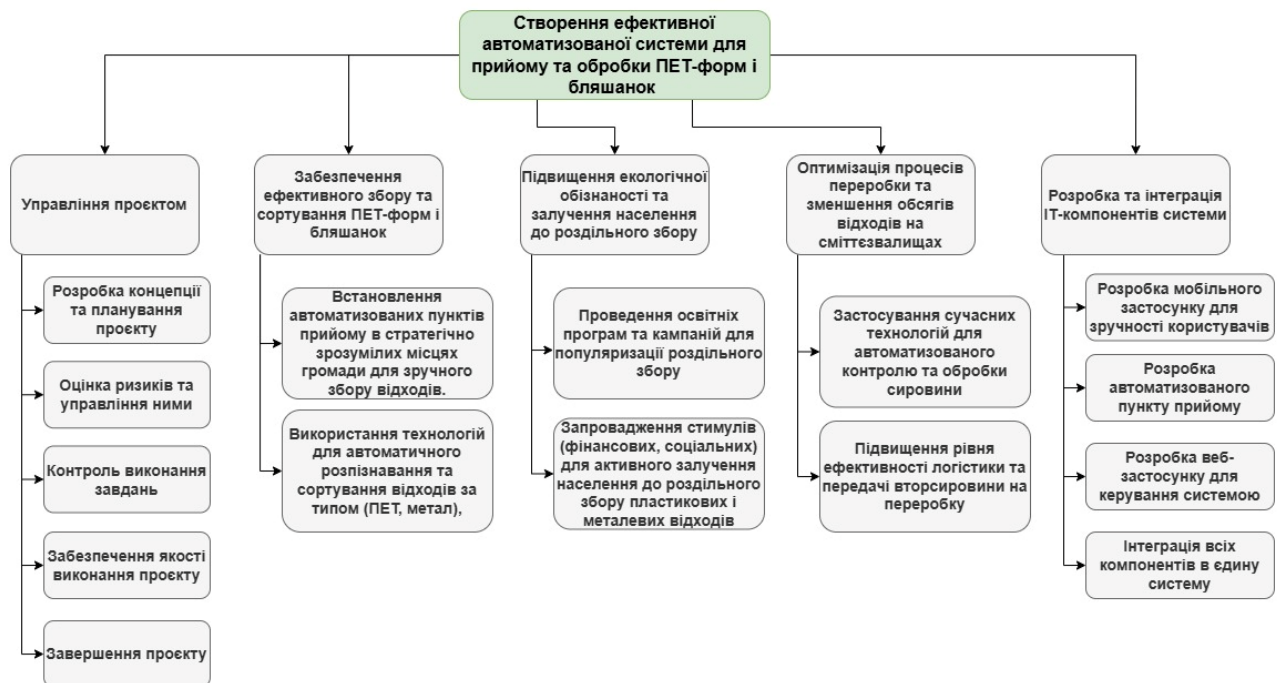


Рис. 2.4. Дерево цілей

У процесі його побудови були визначені основні напрямки діяльності, які охоплюють технічні, освітні та оптимізаційні аспекти:

1. Управління проєктом є ключовим компонентом успішної реалізації системи:
 - Розробка концепції та планування проєкту забезпечить чітке визначення етапів, ресурсів та строків виконання робіт, що дозволить ефективно організувати процеси реалізації системи.

- Оцінка ризиків та управління ними дозволить ідентифікувати потенційні загрози на кожному етапі проекту та розробити стратегії для їх мінімізації або усунення.
- Контроль виконання завдань забезпечить регулярний моніторинг прогресу робіт, оперативне виявлення відхилень від плану та впровадження коригувальних дій.
- Забезпечення якості виконання проекту гарантуватиме дотримання встановлених стандартів якості на всіх етапах реалізації, що сприятиме досягненню запланованих результатів.
- Завершення проекту включатиме підбиття підсумків, оцінку досягнутих результатів та підготовку фінальної звітності для закриття проекту.

2. Розробка та інтеграція ІТ-компонентів системи є ядром проекту:

- створення мобільного застосунка для користувачів забезпечить зручність взаємодії з системою, включаючи відстеження даних і стимулювання сортування;
- розробка веб-застосунка дозволить адміністраторам і операторам ефективно керувати всіма процесами системи;
- інтеграція всіх компонентів (мобільного додатка, веб-застосунка, автоматизованих пунктів прийому) забезпечить стабільну та безперебійну роботу системи.

3. Оптимізація процесів обробки та логістики:

- застосування сучасних технологій для автоматизованого контролю сировини дозволить підвищити ефективність процесів;
- оптимізація логістики та підвищення рівня передачі вторсировини на переробку зменшать витрати та підвищать загальну продуктивність системи.

4. Забезпечення ефективного збору та сортування відходів:

- встановлення автоматизованих пунктів прийому та використання технологій для автоматичного сортування сприятимуть швидкому та точному обробленню відходів.

5. Залучення населення через освітні програми та стимулювання:

- підвищення екологічної обізнаності та мотивації користувачів через фінансові та соціальні стимули дозволить розширити охоплення та залучити більшу кількість учасників до процесу роздільного збору.

Фінальне дерево цілей підкреслює збалансованість проєкту, поєднуючи інноваційні IT-рішення, освітні програми та технології автоматизації. Впровадження цих компонентів забезпечить оптимізацію збору, обробки та передачі відходів, сприятиме екологічній свідомості населення та створить передумови для стійкого розвитку системи. Такий підхід гарантує, що проєкт відповідатиме сучасним вимогам ефективності та екологічності.

2.4. Формулювання математичної моделі

Математичне моделювання є ключовим інструментом для аналізу складних систем, таких як автоматизована система збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок. Дозволяє формалізувати процеси, визначити залежності між основними параметрами та оптимізувати використання ресурсів. У контексті даного проєкту математична модель забезпечує можливість оцінити ефективність роботи системи, ідентифікувати проблемні зони та запропонувати шляхи їхнього вирішення.

Головна мета створення математичної моделі полягає в оптимізації збору, транспортування та обробки вторинної сировини. Це включає мінімізацію витрат на логістику, максимізацію обсягів зібраної сировини, а також ефективне розташування пунктів прийому для забезпечення зручного доступу для користувачів. Крім того, модель дозволяє прогнозувати результативність роботи системи, враховуючи обмеження, такі як пропускна здатність обладнання, доступність ресурсів та географічні особливості. Таким чином, математичне

моделювання є невід'ємною частиною процесу прийняття рішень для побудови ефективної автоматизованої системи.

Постановка задачі

Основною ціллю є мінімізація загальних витрат на транспортування відходів між пунктами прийому та центрами переробки, враховуючи наступні фактори:

1. Ефективність збору відходів. Забезпечення своєчасного вивезення всіх накопичених відходів з пунктів прийому.

2. Оптимізація логістики. Визначення найкоротших і найменш витратних маршрутів для транспортування.

3. Раціональне використання ресурсів. Максимізація завантаження транспорту, щоб зменшити кількість рейсів і скоротити витрати на паливо.

4. Забезпечення дотримання обмежень: Врахування пропускної здатності центру переробки, обсягів накопичених відходів на пунктах прийому та вантажопідйомності транспортних засобів.

Вхідні дані моделі визначають структуру системи та враховують реальні характеристики пунктів прийому, центрів обробки та логістичних маршрутів (таблиця 2.1.).

Таблиця 2.1.

Умовні позначення

Позначення	Назва	Опис
P	Множина пунктів прийому	Початкові точки системи, де населення здає відходи.
s_i	Кількість відходів у пункті прийому	Кількість відходів у кілограмах, накопичених у пункті прийому p_j .
T	Центри обробки	Кінцеві точки логістичного маршруту, де відходи обробляються та перетворюються у вторинну сировину.

Позначення	Назва	Опис
m_k	Потужність центру обробки	Максимально допустима кількість відходів у кілограмах, яку центр обробки t_k може прийняти, залежить від технічних можливостей обладнання.
d_{jk}	Відстань між пунктом і центром	Відстань у кілометрах між пунктом прийому p_j та центром переробки t_k .
l_{jk}	Відстань між пунктами прийому	Відстань у кілометрах між пунктами прийому p_i та p_j .
c	Вартість перевезення	Вартість перевезення одного кілограма відходів на 1 кілометр відстані, одиниці вимірювання - $\frac{\text{грн}}{\text{км}\cdot\text{кг}}$. Включає витрати на паливо, обслуговування транспорту та оплату праці.
v	Вантажопідйомність транспорту	Максимальний обсяг відходів у кілограмах, який може бути перевезений за один раз.

Змінні:

- кількість відходів між пунктами прийому та центром переробки x_{jk} .

Кількість відходів у кілограмах, яка перевозиться з пункту прийому p_j до центру переробки t_k .

- кількість відходів між пунктами прийому y_{ij} : Кількість відходів у кілограмах, яка перевозиться між пунктами прийому p_i та p_j для об'єднання в одному рейсі.

Завдання полягає у мінімізації загальних витрат на транспортування сировини з пунктів прийому до центру обробки.

Загальні витрати складаються з витрат на транспортування:

- *прямо до центру обробки.* Відходи з пункту прийому p_i безпосередньо доставляються до центру обробки t_k .

- *між пунктами прийому.* Відходи перевозяться між пунктами p_i та p_j для накопичення перед доставкою до центру.

Отже, формула цільової функції матиме вигляд:

$$Z = \text{витрати на перевезення до центру обробки} + \text{витрати на перевезення між пунктами обробки} \quad (2.1)$$

Розглянемо витрати на перевезення до центру обробки. Вони залежать від таких факторів: кількість відходів, які перевозяться від пункту p_j до центру обробки t_k (x_{jk}), відстань між цим пунктом та центром обробки (d_{jk}), середньостатистична вартість перевезення 1 кг на 1 км (c). Витрати для кожної пари (j, k) обчислюються як:

$$c \cdot d_{jk} x_{jk} \quad (2.2)$$

Отже, сумарні витрати для всіх пунктів прийому $j \in P$ і центрів $k \in T$:

$$Z_1 = \sum_{j \in P} \sum_{k \in T} c \cdot d_{jk} x_{jk} \quad (2.3)$$

Розглянемо витрати на перевезення між послідовними у маршруті пунктами прийому. Аналогічним чином візьмемо до уваги такі фактори: кількість відходів, які перевозяться між пунктами p_i та p_j (y_{ji}), відстань між цим пунктами (l_{jk}), середньостатистична вартість перевезення 1 кг на 1 км (c). В результаті отримаємо сумарні витрати для всіх пар пунктів прийому $i, j \in P$:

$$Z_2 = \sum_{i, j \in P} c \cdot l_{ij} y_{ij} \quad (2.4)$$

Підсумуємо два види витрат і отримаємо цільову функцію:

$$\text{minimize } Z = Z_1 + Z_2 = \sum_{j \in P} \sum_{k \in T} c \cdot d_{jk} x_{jk} + \sum_{i, j \in P} c \cdot l_{ij} y_{ij} \quad (2.5)$$

Обмеження:

1. Забезпечення вивезення всіх відходів із пунктів прийому

Розглянемо такі величини:

- $\sum_j y_{ji}$ – сума відходів, які надходять у пункт i із інших пунктів j .
- s_{ji} – обсяг відходів, наявний у пункті i .

- $\sum_j y_{ij}$ – сума відходів, які покидають пункт i і перевозяться до інших пунктів j .
- $\sum_k x_{ik}$ – сума відходів, які транспортуються з пункту i безпосередньо до центрів переробки k .

Відповідно формула обмеження балансу маси для кожного пункту прийому i , яка описує збереження обсягу відходів, враховуючи всі входи, виходи та накопичення у пункті, виглядає так.

$$\sum_j y_{ji} + s_i = \sum_j y_{ij} + \sum_k x_{ik} \quad (2.6)$$

2. Обмеження пропускну здатності центру переробки

$$\sum_{j \in P} x_{jk} \leq m_k, \forall k \in T \quad (2.7)$$

Де m_k – максимальна кількість відходів, яку центр обробки t_k може обробити.

3. Обмеження на пропускну здатність транспорту

Щоб врахувати накопичення відходів у транспортному засобі під час перевезень між пунктами, враховуємо, що на кожному етапі транспортування сума всіх мас відходів, які транспортуються, не може перевищувати v . Для цього вводимо обмеження через баланс маси:

$$\sum_j y_{ji} + S_i \leq v, \forall i \quad (2.8)$$

4. Невід'ємність:

$$x_{jk} \geq 0, y_{ij} \geq 0 \forall i, j, k \quad (2.9)$$

В результаті отримано задачу лінійного програмування, оскільки цільова функція (формула 2.5) є лінійною, задані обмеження (формули 2.6, 2.7, 2.8, 2.9) є лінійними та змінні є невід'ємними. Задача є специфічним випадком транспортної задачі з додатковими обмеженнями.

Методи розв'язання

Розв'язання задачі лінійного програмування, як у даному випадку, базується на використанні точних і евристичних методів. Точні методи, такі як симплекс-метод і метод внутрішніх точок, дозволяють знайти оптимальне рішення із гарантією мінімізації цільової функції при дотриманні всіх обмежень.

Симплекс-метод є одним із найпоширеніших підходів для задач середнього розміру, тоді як метод внутрішніх точок ефективніше справляється з великими моделями [18]. Для специфічних транспортних задач можна застосовувати транспортний алгоритм, який є спрощенням симплекс-методу для перевезень [19]. Ці методи підтримуються багатьма математичними бібліотеками, такими як PuLP, Gurobi, SciPy.optimize.linprog [20] у Python або Excel Solver, що дозволяють швидко реалізувати розв'язання задачі.

Евристичні методи використовуються для задач із великою кількістю змінних чи в ситуаціях, коли знайти точний розв'язок складно або занадто дорого з обчислювальної точки зору. Наприклад, генетичні алгоритми і метод імітації відпалу забезпечують наближену оптимізацію, моделюючи природні чи фізичні процеси. Вони підходять для складних систем із численними локальними мінімумами. У мовах програмування, таких як Python, реалізовані пакети для евристичних алгоритмів, наприклад, DEAP (для генетичних алгоритмів), які можуть бути використані для складних логістичних задач. Таким чином, можна обрати найбільш відповідний метод або скористатися готовими бібліотеками для швидкої реалізації.

Вихідні дані

Вихідними даними даної математичної моделі є оптимальні значення змінних x_{jk} (обсяги відходів, що транспортуються з пунктів прийому до центрів обробки) та u_{ji} (обсяги відходів, що переміщуються між пунктами прийому), а також мінімальні загальні витрати Z . Аналіз результатів включає перевірку дотримання обмежень, таких як баланс маси, пропускну здатність транспортного засобу та центрів переробки, а також оцінку економічної ефективності запропонованих рішень. Візуалізація маршрутів дозволяє зрозуміти розподіл ресурсів між пунктами, ефективність використання транспорту та критичні ділянки перевезень. Графічна інтерпретація результатів забезпечується побудовою інтерактивної моделі транспортної мережі. Кожен пункт прийому і центр переробки представляється вузлом, а перевезення — дугами графу з

вказаними обсягами відходів. Маршрути візуалізуються у вигляді послідовних шляхів, наприклад: $p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow p_3 \rightarrow t_1$, із зазначенням загальних витрат і відстаней. Для реалізації функціоналу в рамках веб-застосунку інтерактивна карта відобразатиме оптимальні маршрути, критичні перевезення та витрати на кожному етапі, що дозволить операторам легко аналізувати і коригувати логістику.

2.5. Формування ієрархічної структури робіт за процесами проєкту

Ієрархічна структура робіт (WBS, Work Breakdown Structure) є ключовим інструментом для ефективного управління проєктами. Вона дозволяє структурувати всі завдання проєкту у вигляді ієрархічної схеми, розбиваючи складні процеси на чіткі, досяжні та взаємопов'язані компоненти [21]. Це забезпечує краще розуміння обсягу робіт, спрощує планування ресурсів і дозволяє контролювати виконання кожного етапу.

У рамках проєкту створення автоматизованої системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок WBS допоможе чітко визначити основні процеси, такі як розробка програмного забезпечення, впровадження автоматизованих пунктів прийому, оптимізація логістики та тестування системи. Це сприятиме ефективному досягненню поставлених цілей і забезпеченню прозорості всіх етапів роботи.

WBS створюється шляхом поступової декомпозиції проєкту на підзадачі, починаючи з основних етапів і закінчуючи конкретними виконавчими задачами. Кожен рівень структури відповідає певному ступеню деталізації, що дозволяє чітко розподілити відповідальність та контролювати виконання.

У цьому проєкті WBS будується за процесним підходом відповідно до стандартів управління проєктами, таких як PMBOK і PRINCE2. Основні етапи включають ініціювання, планування, виконання, контроль і закриття (див. Додаток В). Кожен з цих етапів поділяється на підпроцеси, які деталізуються до рівня завдань, що виконуються конкретними командами або виконавцями.

Розробка проєкту розпочинається з аналітичного етапу, де визначаються цілі, завдання та ключові показники успіху проєкту. Аналіз потреб користувачів і зацікавлених сторін, а також дослідження існуючих рішень дають змогу зрозуміти проблемну область і виявити наявні прогалини. На основі цього формується концепція системи, яка затверджується для переходу до наступного етапу. Планування включає розробку технічного завдання, визначення функціональних вимог та ключових віх проєкту, а також оцінку ресурсів і ризиків. У цьому процесі важливим є створення чіткого графіка реалізації завдань із урахуванням можливих ризиків і плану реагування на них.

Розробка автоматизованої системи є найбільш комплексним етапом і включає створення мобільного застосунку, веб-застосунку для адміністраторів, центральної бази даних, автоматизованих пунктів прийому та оптимізаційного алгоритму. Усі ці компоненти інтегруються в єдину систему, що дозволяє досягти взаємодії між різними частинами проєкту. Особливу увагу приділено оптимізації логістичних процесів через розробку алгоритмів, які мінімізують витрати на транспортування відходів.

Тестування є критично важливою фазою, яка передбачає модульне, інтеграційне та стрес-тестування кожного компонента системи. Важливим завданням цього етапу є оцінка продуктивності алгоритмів і взаємодії системи з кінцевими користувачами. Після успішного завершення тестування відбувається впровадження системи, що включає пілотне використання автоматизованих пунктів прийому, навчання користувачів і адміністраторів, а також розгортання мобільного та веб-застосунків. Зібрані результати пілотного проєкту дозволяють оптимізувати систему перед масштабним запуском.

Завершується проєкт підсумковим аналізом, затвердженням документації, оцінкою досягнення цілей і узагальненням отриманих уроків. Розроблена WBS-структура відіграє ключову роль у плануванні та реалізації проєкту, оскільки забезпечує чітке бачення всіх етапів, дозволяє ефективно розподіляти ресурси та контролювати прогрес. Вона створює основу для зменшення ризиків, покращення комунікації між учасниками проєкту та забезпечення своєчасного

виконання завдань. Завдяки деталізованому підходу, структура сприяє підвищенню ефективності управління і створює умови для успішного впровадження автоматизованої системи.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ

3.1 Проєктування бази даних: концептуальна та логічна моделі

Концептуальна модель бази даних (БД) — це високорівневе представлення структури даних системи, яке фокусується на логічній організації інформації без врахування технічних деталей реалізації [22]. Основною метою такої моделі є опис даних, їхніх взаємозв'язків і обмежень у зрозумілій формі для всіх зацікавлених сторін, зокрема розробників, аналітиків та бізнес-користувачів.

У автоматизованій системі збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок концептуальна модель бази даних виконує роль основи для оптимізації процесів збору, транспортування та переробки відходів (рис. 3.1.). Центральними елементами моделі є користувачі, пункти прийому, працівники, перевезення, транспортні засоби, центри обробки та відходи.

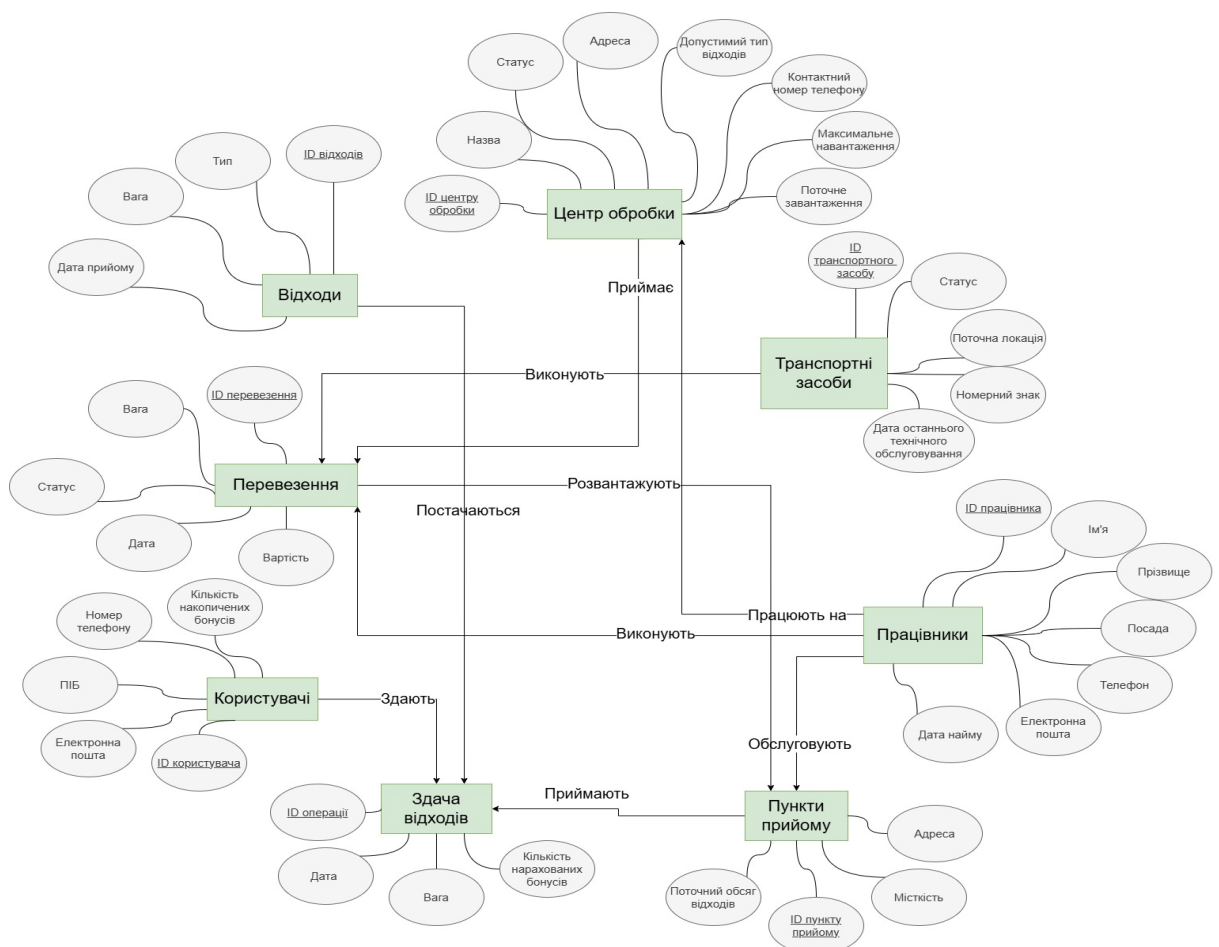


Рис. 3.1. Концептуальна модель бази даних

Першочерговими суб'єктами системи є користувачі — громадяни, які здають відходи у пункти прийому. Для стимулювання участі кожна операція задачі реєструється в системі. Таблиця "Задача відходів" містить дані про тип відходів, їхню вагу, дату здачі та кількість нарахованих бонусів, які отримує користувач за екологічну активність. Це дозволяє не лише вести облік відходів, але й мотивувати людей брати участь у програмі.

Пункти прийому виступають ключовими вузлами збору. Вони приймають відходи від користувачів, забезпечуючи їх облік і первинне зберігання. Кожен пункт обслуговується працівниками, які виконують ролі операторів. Таблиця "Працівники" включає дані про посади, контактну інформацію, прив'язку до конкретного пункту прийому та дату найму. Ця структура забезпечує чітке розмежування обов'язків і дозволяє легко управляти персоналом.

Після збору відходів організуються перевезення до центрів обробки. Перевезення є важливим компонентом логістики, тому система включає таблицю "Перевезення", яка зберігає інформацію про тип відходів, їхню вагу, дату транспортування, вартість і відстань. Усі перевезення здійснюються за допомогою транспортних засобів з однаковою вантажопідйомністю, що спрощує розрахунки. Таблиця "Транспортні засоби" містить інформацію про номерні знаки, поточну локацію, статус і дату останнього технічного обслуговування.

Центри обробки — це кінцеві точки, куди доставляються відходи. Вони займаються переробкою зібраної сировини, а їхня робота координується через таблицю "Центри обробки". У ній зберігається інформація про назву, адресу, максимальну потужність, поточне навантаження, контактні дані відповідальних осіб та типи відходів, які вони приймають. Це дозволяє оптимізувати логістику та рівномірно розподіляти навантаження між центрами.

Всі типи відходів, зокрема ПЕТ-прозорий, ПЕТ-кольоровий та метал, відображаються в таблиці "Відходи". Вона містить інформацію про тип, вагу, дату прийому та зв'язок із пунктами прийому або перевезеннями. Ці дані забезпечують повний контроль над обсягами сировини на кожному етапі її обробки.

Зв'язки між сутностями моделі є ключовими для забезпечення цілісності системи. Користувачі пов'язані із задачами відходів, які реєструються у конкретних пунктах прийому. Пункти прийому обслуговуються працівниками, а відходи транспортуються до центрів обробки через систему перевезень. Перевезення залежать від транспортних засобів, які також фіксуються в системі. Таким чином, модель створює єдину інформаційну екосистему, що забезпечує ефективність процесів збору, транспортування та переробки відходів.

Логічна модель бази даних деталізує концептуальну модель, додаючи чітко визначені атрибути для кожної сутності та вказуючи ключові зв'язки між таблицями. Вона слугує основою для створення фізичної бази даних і враховує всі необхідні вимоги до зберігання, обробки та зв'язків між даними системи. Логічна модель визначає структуру бази даних у форматі таблиць із чітко окресленими атрибутами, типами даних, первинними та зовнішніми ключами.

У системі автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок логічна модель включає такі основні таблиці (рис. 3.2.):

1. Користувачі (Users).

Зберігає інформацію про користувачів, які здають відходи. Включає такі атрибути, як UserID (первинний ключ), ім'я, електронну пошту, номер телефону та кількість накопичених бонусів. Ці дані дозволяють ідентифікувати користувачів і відстежувати їхню активність у системі.

2. Задача відходів (DropOffs).

Фіксує кожну операцію задачі відходів. У цій таблиці вказано ідентифікатор задачі (DropOffID), ідентифікатор користувача (UserID), пункт прийому (CollectionPointID), тип відходів (WasteID), дату задачі, вагу матеріалу та кількість нарахованих бонусів. Ця інформація допомагає контролювати обсяги збору відходів і стимулювати користувачів.

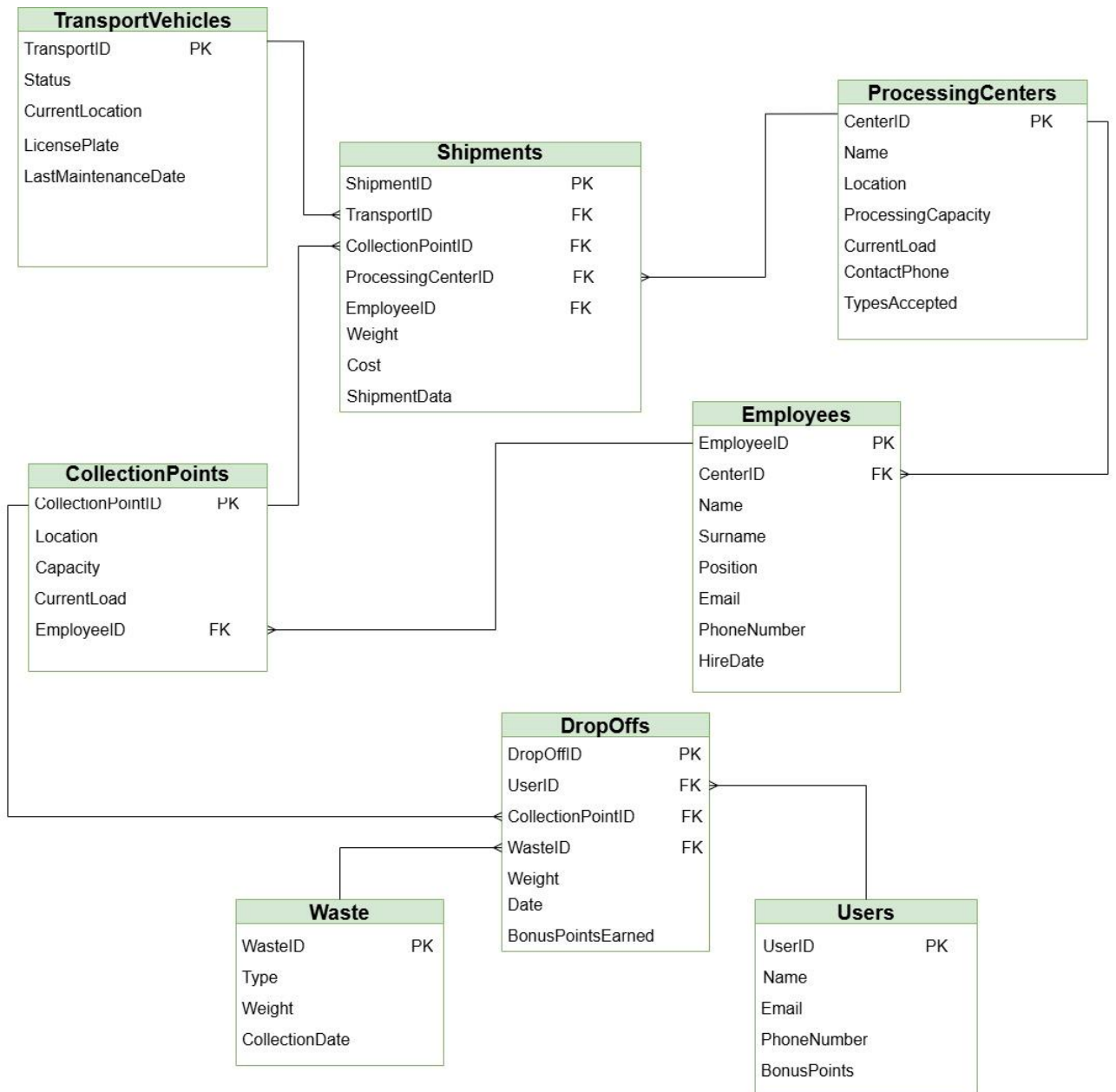


Рис. 3.2. Логічна модель бази даних

3. Пункти прийому (CollectionPoints).

Відображає дані про автоматизовані пункти прийому. Включає CollectionPointID (первинний ключ), місцезнаходження, місткість, поточне завантаження та відповідального працівника. Це дозволяє відстежувати статус кожного пункту та керувати логістикою.

4. Працівники (Employees).

Зберігає інформацію про персонал, який обслуговує систему. Таблиця містить EmployeeID (первинний ключ), дані про посади, контактну інформацію

та ідентифікатор центру обробки, до якого прикріплений працівник. Це забезпечує чітке управління персоналом.

5. Відходи (Waste):

Визначає типи відходів, які здаються у систему. Включає WasteID, тип відходів (наприклад, ПЕТ-прозорий, ПЕТ-кольоровий), вагу та дату прийому. Це дозволяє чітко класифікувати відходи на кожному етапі їх обробки.

6. Центри обробки (ProcessingCenters).

Відображає інформацію про кінцеві точки обробки відходів. Включає CenterID, назву, локацію, потужності центру, поточне навантаження, типи прийнятих відходів та контактні дані. Це дозволяє оптимально розподіляти відходи між центрами.

7. Перевезення (Shipments).

Реєструє всі операції перевезення відходів. Містить ShipmentID, ідентифікатори транспортного засобу (TransportID), пункту прийому та центру обробки, вагу, вартість перевезення та дату. Ця таблиця допомагає координувати логістику та знижувати витрати на транспортування.

8. Транспортні засоби (TransportVehicles).

Містить дані про транспорт, який використовується для перевезень. Включає TransportID, номерні знаки, поточне місцезнаходження, статус і дату останнього технічного обслуговування. Це дозволяє оптимізувати використання транспорту в системі.

Зв'язки між таблицями базуються на первинних і зовнішніх ключах, що забезпечує інтеграцію даних та їхню узгодженість. Наприклад, таблиця "Здача відходів" пов'язана з таблицями "Користувачі", "Пункти прийому" та "Відходи", що дозволяє відстежувати всі аспекти кожної транзакції. Таблиця "Перевезення" пов'язана з транспортними засобами, пунктами прийому та центрами обробки, забезпечуючи ефективне управління логістикою.

3.2 Архітектура та структура програмного забезпечення системи

Система автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок є багаторівневою програмною системою, яка складається з декількох основних компонентів, що взаємодіють між собою для забезпечення її функціональності. Архітектура системи відповідає принципам **клієнт-серверної моделі** з використанням багаторівневої структури для розділення завдань [23].

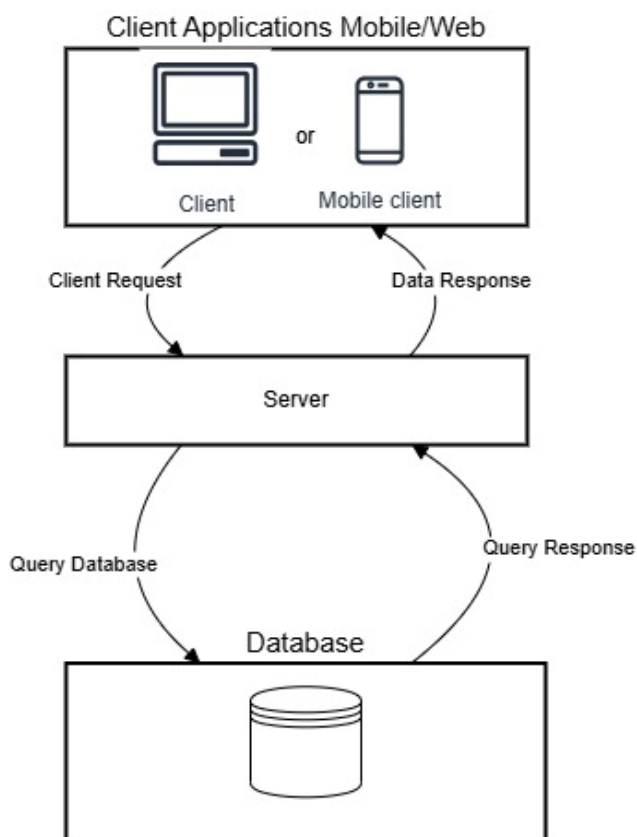


Рис. 3.3. Архітектура взаємодії компонентів системи

Мобільний застосунок

Мобільний застосунок є ключовим інструментом для взаємодії користувачів із системою автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок. Його головною метою є забезпечення зручного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для громадян, які бажають брати участь у програмі екологічного збору вторинної сировини. Через застосунок користувачі можуть

отримувати доступ до всіх необхідних функцій, які підтримують їхню екологічну активність, та відстежувати результати своїх дій.

Мобільний додаток дозволить користувачам реєструватися у системі, створюючи власний обліковий запис, або авторизуватися, якщо вони вже зареєстровані. Для зручності вхід може бути реалізований через традиційну форму з логіном і паролем, а також через інтеграцію із соціальними мережами чи сторонніми сервісами, такими як Google або Apple ID [24]. Після авторизації користувач отримує доступ до головного інтерфейсу, який дозволяє йому взаємодіяти із системою.

Однією з головних функцій мобільного застосунку є відображення найближчих пунктів прийому вторинної сировини на інтерактивній карті. Користувач зможе переглянути адреси, графік роботи, типи відходів, які приймаються у конкретному пункті, та іншу корисну інформацію. Також передбачається реалізація функції пошуку пунктів за фільтрами, наприклад, за відстанню чи типом відходів.

Користувачі зможуть переглядати інформацію про види вторинної сировини, які можна здати, зокрема ПЕТ-прозорий, ПЕТ-кольоровий та метал. У розділі "Мій профіль" відобразатиметься накопичена кількість бонусних балів, які нараховуються за кожну операцію здачі відходів. Ці бали можуть бути використані для отримання заохочень, таких як знижки в магазинах-партнерах або інші екологічні винагороди.

Окрім цього, мобільний додаток дозволить відстежувати історію здач відходів. У розділі "Історія" користувач зможе переглядати інформацію про попередні операції, зокрема дати, вагу зданих відходів, отримані бонуси та пункт прийому, де відбулася здача. Це сприятиме прозорості системи та надасть користувачам можливість контролювати свій внесок у захист довкілля.

Для зручності спілкування користувачів із системою планується розділ "Підтримка", через який можна зв'язатися з адміністраторами системи, отримати відповіді на часті запитання або залишити відгук. Повідомлення про новини,

акції чи зміни у системі надсилаються через push-сповіщення, що дозволяє користувачам завжди залишатися в курсі подій.

Таким чином, мобільний застосунок є одним з ключових елементів системи, що забезпечить простоту та зручність користування для громадян та сприятиме екологічній активності та формуватиме позитивний досвід взаємодії із системою автоматизованого збору вторинної сировини.

Веб-застосунок

Веб-застосунок є ще однією невід'ємною частиною системи автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, який забезпечить управління процесами на адміністративному рівні.

Його головна мета — забезпечити дистанційний моніторинг і управління автоматизованими пунктами прийому, а також організацію логістичних процесів і аналіз ефективності роботи системи. Завдяки веб-застосунку вся система стає прозорою, централізованою і легко керованою.

Оскільки пункти прийому працюватимуть автоматизовано, їхня робота контролюватиметься здебільшого дистанційно через веб-застосунок. Він дозволить операторам і адміністраторам у реальному часі відстежувати поточний стан пунктів прийому, включаючи завантаженість (у відсотках від загальної місткості), типи і кількість прийнятих відходів, а також стан обладнання (наприклад, нормальна робота, несправність або необхідність обслуговування). У разі перевищення допустимого рівня завантаження чи виникнення несправності система автоматично згенерує сповіщення, яке надійде оператору через веб-застосунок. Оператор може швидко реагувати на ситуацію, дистанційно керуючи пунктом або координуючи технічного спеціаліста для усунення проблеми на місці.

Крім моніторингу, веб-застосунок надасть можливість дистанційного управління пунктами прийому. Оператори зможуть запускати або зупиняти роботу пункту, оновлювати його програмне забезпечення, змінювати налаштування, такі як максимальна вага одного прийому чи типи відходів, що

приймаються. Це забезпечить гнучкість у роботі та швидке реагування на зміни чи потреби системи.

Ще однією важливою функцією веб-застосунку буде організація логістики. Завдяки інтегрованому алгоритму оптимізації адміністратори зможуть планувати маршрути транспортування відходів із пунктів прийому до центрів обробки. Алгоритм враховує такі фактори, як завантаженість пунктів прийому, географічне розташування пунктів і центрів обробки, місткість транспортних засобів і витрати на перевезення. Адміністратор отримає запропоновані маршрути разом із передбачуваною вартістю та відстанню й може затвердити найоптимальніший варіант. Крім того, веб-застосунок дозволить відстежувати статус виконання перевезень у реальному часі.

Для ефективного аналізу роботи системи у веб-застосунку буде доданий розширений модуль аналітики. Цей модуль дозволить генерувати звіти за такими показниками, як загальний обсяг зібраних і транспортованих відходів, завантаженість пунктів прийому, ефективність роботи транспортних засобів і центрів обробки. Дані можна візуалізувати у вигляді графіків, таблиць чи діаграм, а також експортувати у форматах PDF чи Excel.

Серверна частина

Серверна частина є центральним компонентом системи автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, який відповідає за виконання бізнес-логіки, управління базою даних і забезпечення інтеграції між усіма частинами системи. Вона обробляє запити, які надходять від мобільного застосунку та веб-застосунку, здійснює складні обчислення, забезпечує доступ до даних і керує критичними процесами.

Основні функції серверної частини:

1. *Обробка запитів.* Серверна частина прийматиме запити від клієнтських застосунків через RESTful API [25]. Запити можуть включати такі дії, як реєстрація користувачів, отримання інформації про пункти прийому чи планування маршрутів перевезення. Сервер виконує необхідні операції з базою

даних і повертає відповідь клієнту у форматі JSON. Такий підхід забезпечить швидку та надійну взаємодію між компонентами системи.

2. *Реалізація бізнес-логіки.* Серверна частина управлятиме всіма операціями, пов'язаними з роботою системи. Це включає обробку транзакцій, задачі відходів, нарахування бонусних балів користувачам, моніторинг стану автоматизованих пунктів прийому та управління маршрутизацією перевезень. Зокрема, сервер інтегрує алгоритм оптимізації маршрутів, який враховує такі фактори, як географічне розташування пунктів і центрів обробки, завантаженість транспортних засобів і потужності центрів. Результати цих розрахунків надсилаються до веб-застосунку для подальшого затвердження.

3. *Управління базою даних.* Сервер забезпечуватиме роботу з базою даних, яка є основним сховищем інформації про користувачів, транзакції, пункти прийому, транспортні засоби й центри обробки. Він виконуватиме операції зі зчитування, додавання, оновлення та видалення даних, забезпечуючи їхню цілісність і доступність. Завдяки цьому система може оперативного надавати актуальні дані для клієнтських застосунків.

4. *Обробка сповіщень.* Серверна частина відповідатиме за створення та надсилання сповіщень про критичні події, такі як перевищення завантаження пунктів прийому чи несправності обладнання. Сповіщення можуть надсилатися як адміністраторам через веб-застосунок, так і користувачам через мобільний застосунок, забезпечуючи оперативну реакцію на проблеми.

5. *Забезпечення безпеки.* Для захисту даних і запобігання несанкціонованому доступу сервер використовуватиме сучасні методи аутентифікації (наприклад, OAuth 2.0 або JWT) і шифрування. Це дозволить гарантувати конфіденційність і безпеку інформації, яка зберігається та передається в системі.

Серверна частина об'єднує всі компоненти системи, забезпечуючи їхню узгоджену роботу. Вона виконує критичні функції, пов'язані з обробкою даних, управлінням бізнес-логікою та інтеграцією системи. Завдяки серверу система

працюватиме стабільно, прозоро та ефективно, забезпечуючи виконання екологічних і операційних цілей.

База даних

База даних є центральним сховищем інформації в системі автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок. Вона забезпечує структуроване зберігання даних, їхню доступність і цілісність, а також ефективну взаємодію з іншими компонентами системи. Уся інформація, яка використовується мобільним застосунком, веб-застосунком і серверною частиною, зберігається в базі даних, що робить її ключовим елементом архітектури системи.

Основні функції бази даних

1. Зберігання даних: база даних містить інформацію про всі сутності системи, включаючи користувачів, автоматизовані пункти прийому, працівників, транспортні засоби, відходи, транзакції, маршрути перевезення та центри обробки. Наприклад, для кожного пункту прийому зберігаються дані про його місцезнаходження, місткість, поточне завантаження і статус роботи. Для користувачів фіксується їхній профіль, історія задачі відходів та кількість накопичених бонусних балів.

2. Підтримка транзакцій: база даних забезпечує запис і обробку транзакцій, пов'язаних зі задачею відходів та перевезенням. Усі операції реєструються із вказанням таких параметрів, як дата, вага відходів, тип матеріалу, пункт прийому та користувач, який здійснив задачу. Це дозволяє вести точний облік та забезпечувати прозорість процесів.

3. Інтеграція з іншими компонентами: база даних взаємодіє із серверною частиною, яка виконує всі операції читання, запису та оновлення даних. Наприклад, сервер звертається до бази для отримання списку пунктів прийому, перевірки статусу транспортного засобу або зчитування історичних даних для створення аналітичних звітів. Мобільний і веб-застосунок отримують доступ до даних через серверну частину, що забезпечує безпеку та цілісність інформації.

4. Підтримка звітності та аналітики: база даних є джерелом для формування звітів і проведення аналітичних розрахунків. Дані про загальні обсяги зібраних відходів, кількість перевезень і продуктивність центрів обробки агрегуються та аналізуються для оцінки ефективності системи. Наприклад, адміністратор може отримати інформацію про завантаженість пунктів прийому за певний період або оцінити витрати на логістику.

5. Забезпечення цілісності даних: для забезпечення узгодженості даних у базі використовуються механізми обмежень і зв'язків між таблицями. Наприклад, кожна транзакція пов'язана з конкретним користувачем, пунктом прийому та видом відходів. Це забезпечує логічну структуру інформації та мінімізує можливість виникнення помилок.

6. Безпека та резервне копіювання: база даних розроблена з урахуванням високих стандартів безпеки. Доступ до даних здійснюється через серверну частину, що дозволяє контролювати права доступу для різних ролей користувачів. Також реалізована система резервного копіювання, яка забезпечує відновлення даних у разі збою або втрати інформації.

3.3 Автоматизований пункт прийому: структура та функціональність

Автоматизований пункт прийому є ключовим елементом системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок, який виконує функції прийому, первинної обробки та обліку відходів. Завдяки автоматизації цей компонент забезпечує високу ефективність, мінімізацію людського втручання та інтеграцію з іншими частинами системи. Включення можливостей оцінки забруднення, очищення та пресування відходів ще більше підвищує його цінність у загальному ланцюгу обробки вторинної сировини.

Основні функції автоматизованого пункту прийому:

- Прийом відходів: користувачі здають відходи через інтуїтивний інтерфейс пункту. Для ідентифікації використовується мобільний додаток або інтегрований сканер QR-кодів, що з'єднує транзакцію з обліковим записом

користувача. Пункт підтримує прийом різних типів матеріалів, таких як ПЕТ-прозорий, ПЕТ-кольоровий і метал.

- Оцінка забруднення: пункт обладнаний сенсорами та технологіями, які оцінюють рівень забруднення відходів. Наприклад, оптичні або інфрачервоні сенсори можуть визначати наявність сторонніх домішок (наприклад, залишків рідин чи харчових продуктів). На основі цього аналізу система автоматично класифікує відходи та повідомляє користувача про необхідність очищення.

- Очищення відходів: якщо рівень забруднення є невеликим, пункт може бути обладнаний модулем для попереднього очищення (наприклад, автоматичне обприскування водою для видалення залишків рідин чи бруду, система сушіння для підготовки відходів до подальшої обробки). Це дозволяє значно покращити якість сировини, що передається на переробку.

- Пресування відходів: для оптимізації обсягу зібраних матеріалів пункт може бути обладнаний модулем пресування. Цей модуль стискає пластикові або металеві відходи, зменшуючи їхній об'єм у кілька разів. Це знижує витрати на транспортування та забезпечує більш ефективне використання контейнерів для зберігання.

- Автоматичний облік: усі операції, включаючи прийом, очищення та пресування, реєструються системою. Пункт передає на сервер дані про вагу, тип матеріалу, рівень забруднення та обсяг після пресування. Це дозволяє вести точний облік і формувати аналітичні дані для управління системою.

- Моніторинг і технічне обслуговування: автоматизований пункт оснащений системами самодіагностики, які контролюють стан обладнання, рівень заповнення контейнерів і функціональність очищувального та пресувального модулів. У разі несправності чи критичного завантаження система автоматично надсилає сповіщення до серверної частини, де оператори отримують інформацію для реагування.

Технічна структура автоматизованого пункту прийому забезпечує інтеграцію всіх основних функцій у єдину систему, що працює безперебійно та ефективно (рис. 3.4.). Центральним елементом є інтерфейс для користувачів,

який включає сенсорний екран або QR-сканер для швидкої ідентифікації. Користувач може взаємодіяти з пунктом через мобільний додаток, де кожна транзакція автоматично фіксується та прив'язується до його облікового запису.

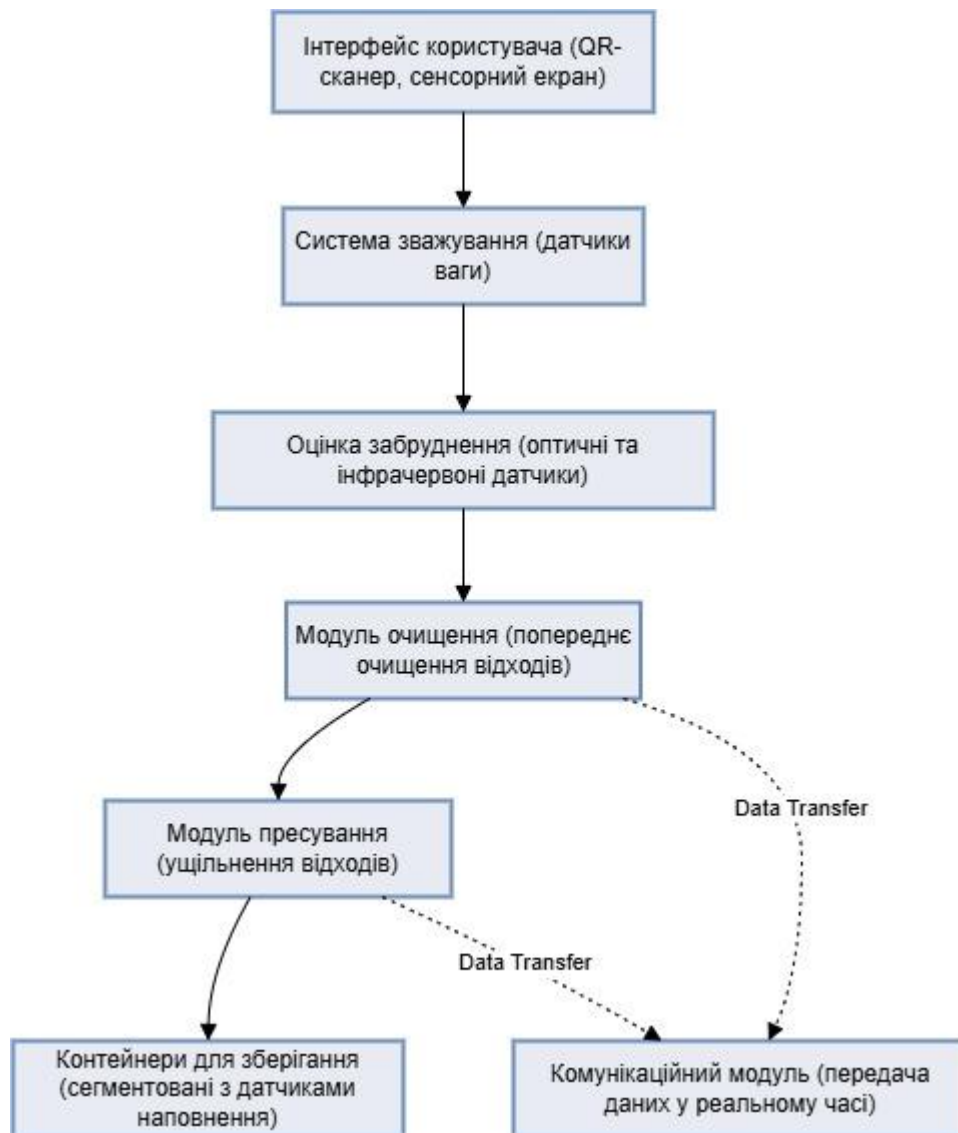


Рис. 3.4. Функціональна схема роботи автоматизованого пункту прийому

Після ідентифікації відходи надходять до системи зважування, яка за допомогою високоточних сенсорів фіксує вагу матеріалів. Далі модуль оцінки забруднення аналізує стан відходів, використовуючи оптичні та інфрачервоні сенсори, які визначають наявність сторонніх домішок або залишків рідин. У разі виявлення забруднення система може повідомити користувача або автоматично передати відходи до модуля очищення. Очищення виконується через

обприскування водою або інші способи видалення забруднень, після чого відходи сушаться для підготовки до подальшої обробки.

Пресувальний модуль, інтегрований у структуру пункту, стискає матеріали, зменшуючи їхній об'єм у кілька разів. Це значно оптимізує простір у контейнерах для зберігання та знижує витрати на транспортування. Контейнери для зберігання сегментовані за типами матеріалів (наприклад, для ПЕТ-прозорого, ПЕТ-кольорового або металу) і оснащені сенсорами для моніторингу заповнення. Це дозволяє уникати перевантаження системи та своєчасно організувати вивезення відходів.

Усі етапи роботи пункту синхронізуються через комунікаційний модуль, який передає дані у реальному часі до серверної частини. Система реєструє дані про вагу, тип матеріалів, рівень забруднення, статус очищення та обсяги після пресування. У разі технічної несправності або досягнення критичного рівня завантаження система автоматично надсилає сповіщення операторам, які можуть дистанційно реагувати через веб-застосунок.

Така структура пункту забезпечить повну автоматизацію всіх етапів прийому та попередньої обробки відходів, мінімізуючи людське втручання, оптимізуючи витрати та підвищуючи якість вторинної сировини, що надходить на переробку. Завдяки інтеграції модулів очищення та пресування автоматизований пункт стане не просто місцем збору, а першою ланкою у ланцюзі переробки відходів.

3.4 Розробка інтерфейсу користувача

Інтерфейс є ключовим елементом будь-якого програмного забезпечення, що забезпечує взаємодію користувача із системою. Від його зручності, інтуїтивності та функціональності залежить ефективність роботи користувачів та загальне враження від використання. У рамках системи автоматизованого збору та обробки відходів інтерфейс виконує роль зв'язувальної ланки між користувачами, пунктами прийому та іншими компонентами системи. Основною метою розробки інтерфейсу є створення простого, зручного та функціонального

середовища, яке стимулює екологічну активність громадян та забезпечує ефективність процесів.

Мобільний застосунок складається з кількох ключових екранів, кожен з яких виконує свою унікальну функцію, спрямовану на забезпечення зручності використання та взаємодії користувачів із системою. Кожен елемент інтерфейсу розроблено з урахуванням простоти, інтуїтивності та ефективності, що дозволяє користувачам швидко орієнтуватися в застосунку та виконувати необхідні дії.

1. Екран авторизації: інтерфейс пропонує введення електронної пошти та пароля або вибір швидкої авторизації через інтеграцію із соціальними мережами (Google, Facebook, Apple ID). Простий і мінімалістичний дизайн забезпечує зручність у використанні, а наявність кнопки "Забули пароль?" дозволяє швидко відновити доступ до облікового запису (рис.3.5).

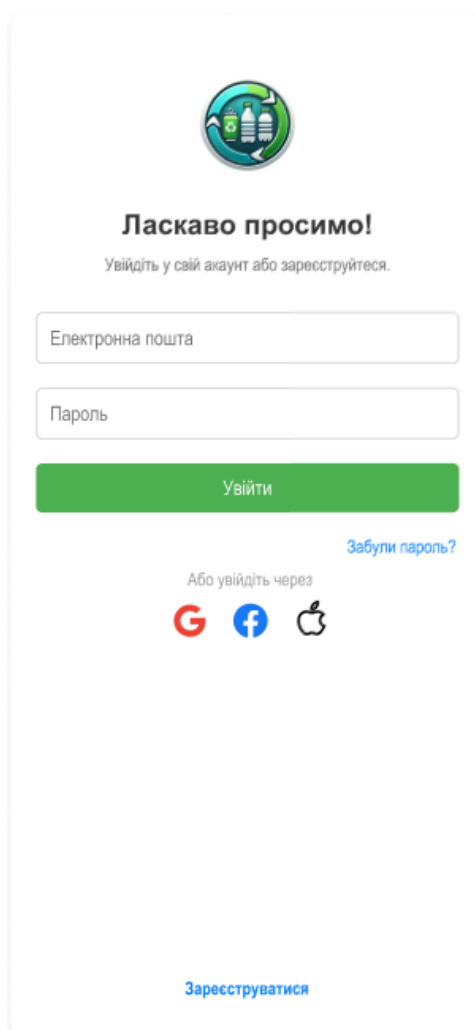


Рис. 3.5. Інтерфейс екрану авторизації

2. Головний екран з картою: основний інтерфейс, який відображає інтерактивну карту з розташуванням пунктів прийому. Користувач може легко переглянути доступні пункти, їхнє завантаження та типи відходів, які приймаються. Нижня навігаційна панель дозволяє швидко переходити між розділами застосунку, такими як "Профіль", "Статистика" та "Пункти прийому". Додатковий значок сповіщень забезпечує доступ до актуальних оновлень (рис.3.6).

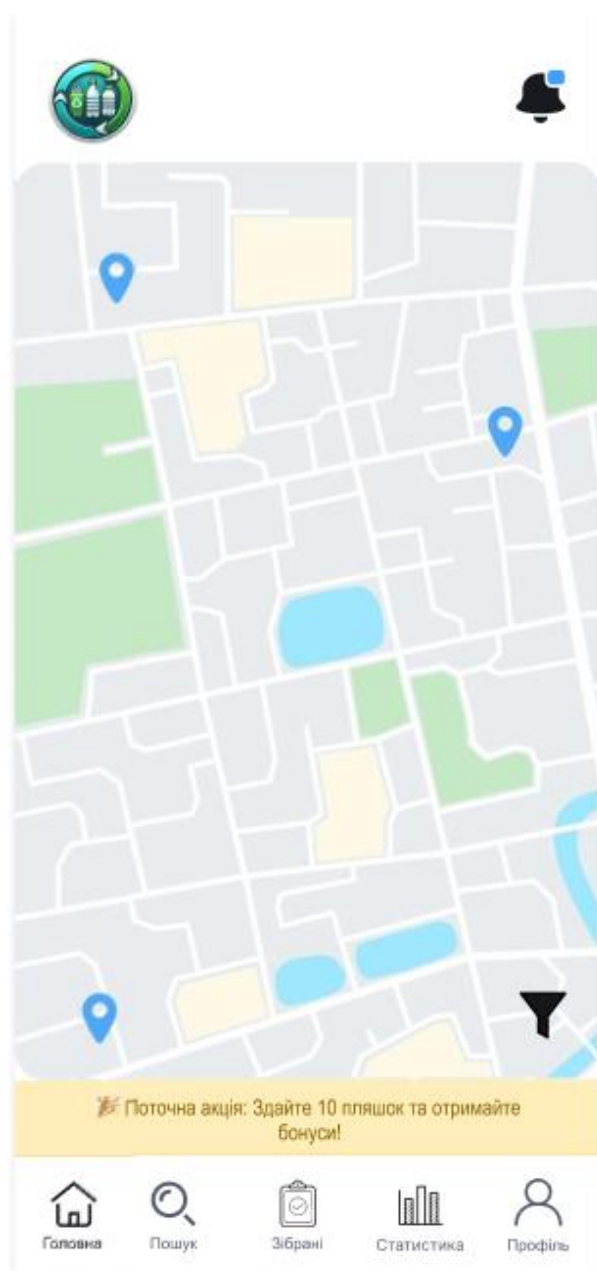


Рис. 3.6. Інтерфейс головного екрану

3. Список пунктів прийому: екран містить перелік доступних пунктів прийому із зазначенням їхньої адреси, завантаження та графіка роботи. Для зручності користувачів пункти поділяються за статусом: відкриті, майже завантажені або недоступні (червоний статус). Додатково передбачена кнопка для побудови маршруту до вибраного пункту (рис.3.7).

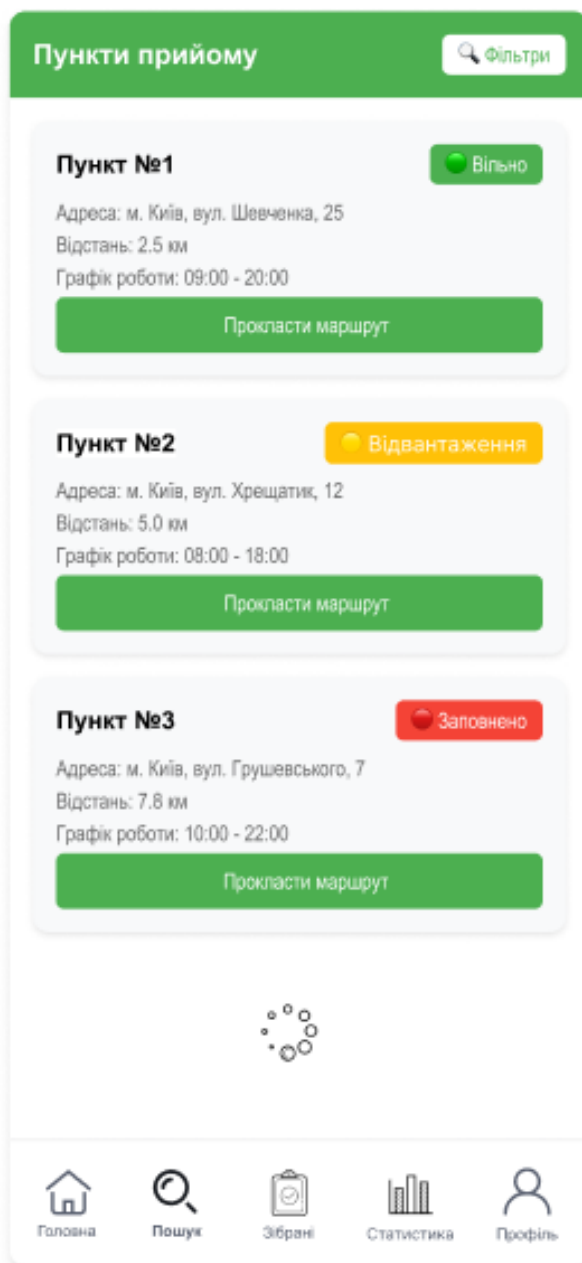


Рис. 3.7. Список пунктів прийому

4. Екран профілю: у цьому розділі відображається основна інформація про користувача, зокрема ім'я, баланс бонусних балів і статистика екологічного

внеску (вага зданих відходів та кількість збереженого CO₂). Є можливість редагувати профіль або вийти із системи. Мінімалістичний дизайн забезпечує швидкий доступ до ключових даних користувача (рис.3.8).

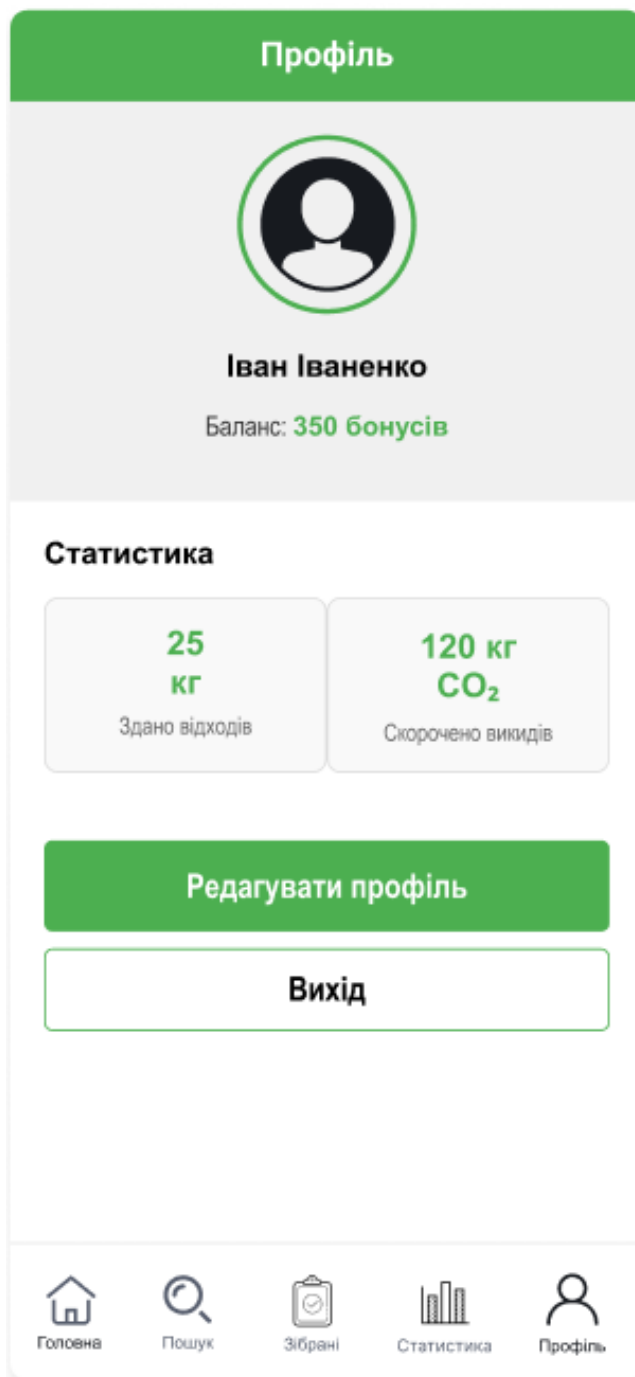


Рис. 3.8. Екран профілю

5. Екран підтвердження задачі: цей екран відображає інформацію про успішну задачу відходів. Користувач отримує підтвердження із зазначенням типу

зданих відходів, їх кількості та бонусів, які було нараховано. Додано можливість поділитися результатом через соціальні мережі, що сприяє популяризації екологічної активності серед інших людей (рис.3.9).

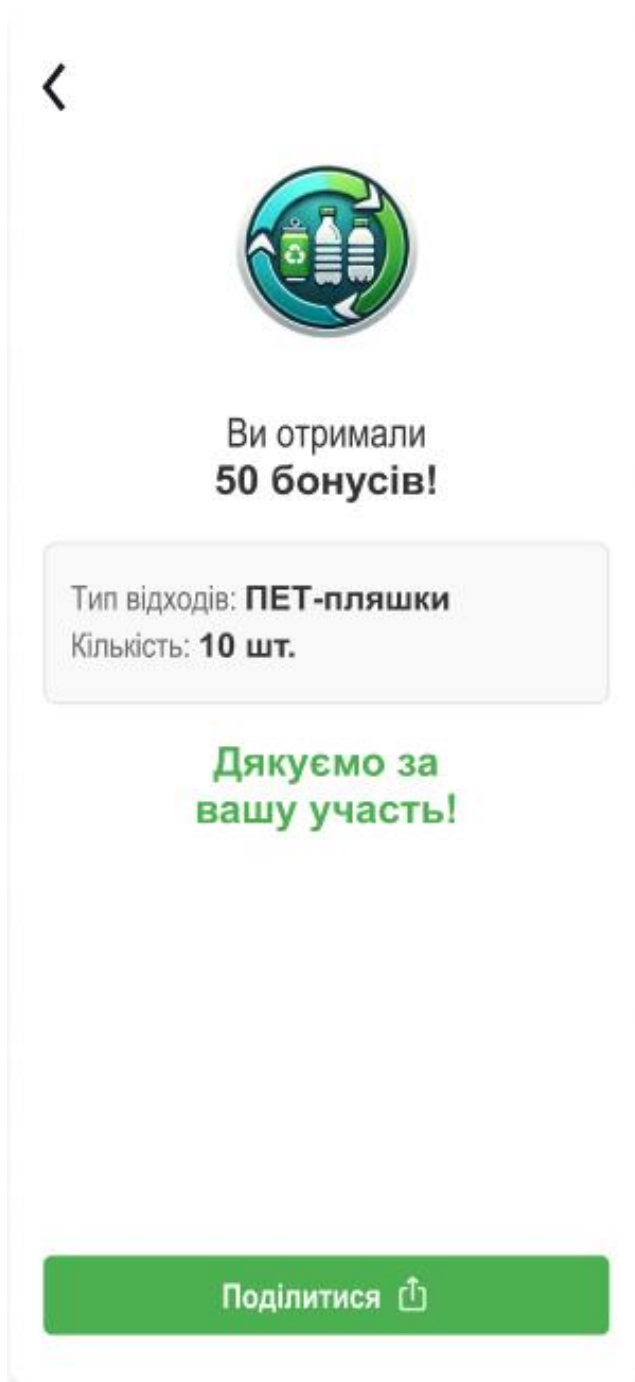


Рис. 3.9. Екран підтвердження здачі

Веб-застосунок розроблено як інструмент для централізованого управління та моніторингу всієї системи збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок.

Його основне завдання — забезпечити адміністраторам і операторам швидкий доступ до ключових даних, спростити процеси управління пунктами прийому, оптимізувати логістику та забезпечити прозорість функціонування системи. Завдяки інтуїтивно зрозумілому дизайну і інтерактивним інструментам, веб-застосунок дозволяє оперативно реагувати на зміни, аналізувати ефективність роботи та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

1. Головна панель управління : екран забезпечує адміністратора оглядовою інформацією про стан системи. У верхній частині розташовані ключові статистичні показники: загальна кількість зібраних відходів за місяць, кількість активних пунктів прийому та відсоток перероблених матеріалів. Нижче розміщені графіки, що відображають динаміку збору відходів за період і співвідношення типів зданих матеріалів (наприклад, ПЕТ-пляшки та металеві банки). Інтерактивні кнопки дозволяють оновлювати статус даних або генерувати звіти (рис. 3.10).

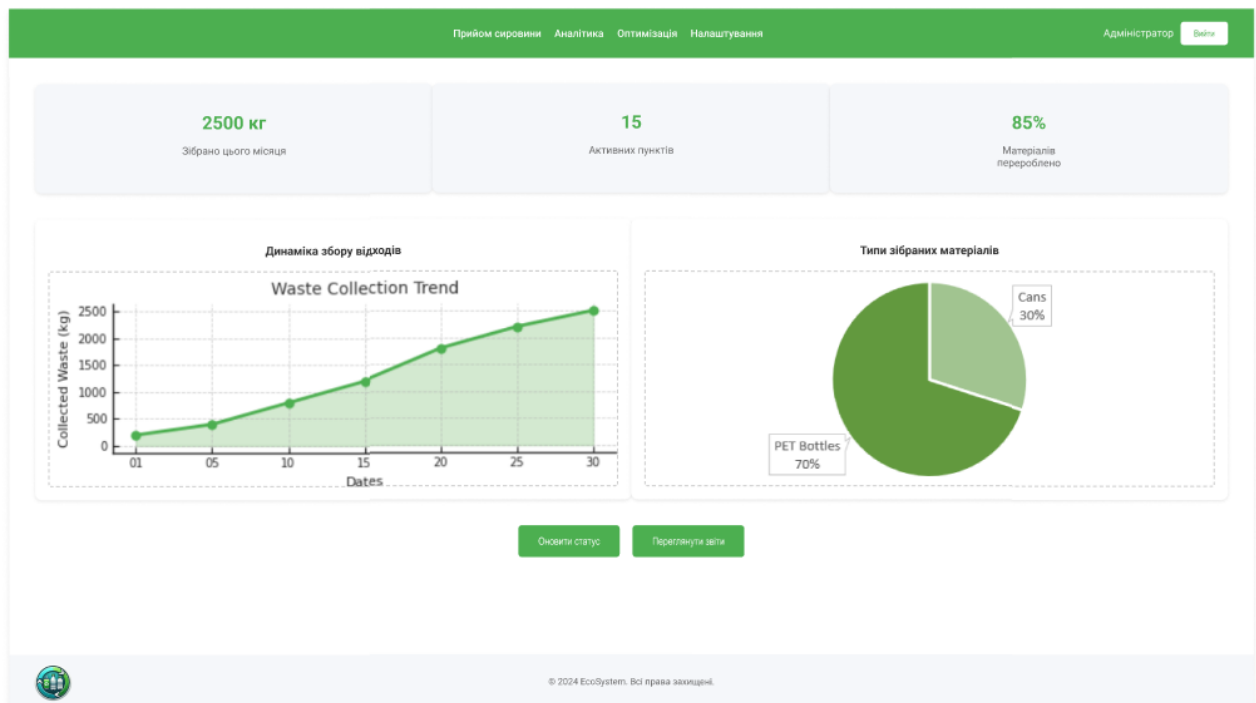


Рис. 3.10. Головна панель управління

2. Список пунктів прийому: цей екран містить таблицю з інформацією про пункти прийому, включаючи їх назву, адресу, статус роботи (активний, перевантажений або неактивний), обсяг зібраних відходів і останню дату оновлення. Нижче розташована інтерактивна карта, яка показує розташування пунктів на географічній мапі. Передбачені фільтри для швидкого пошуку пунктів за статусом чи регіоном. Адміністратори можуть додавати нові пункти або експортувати дані у файл (рис 3.11).

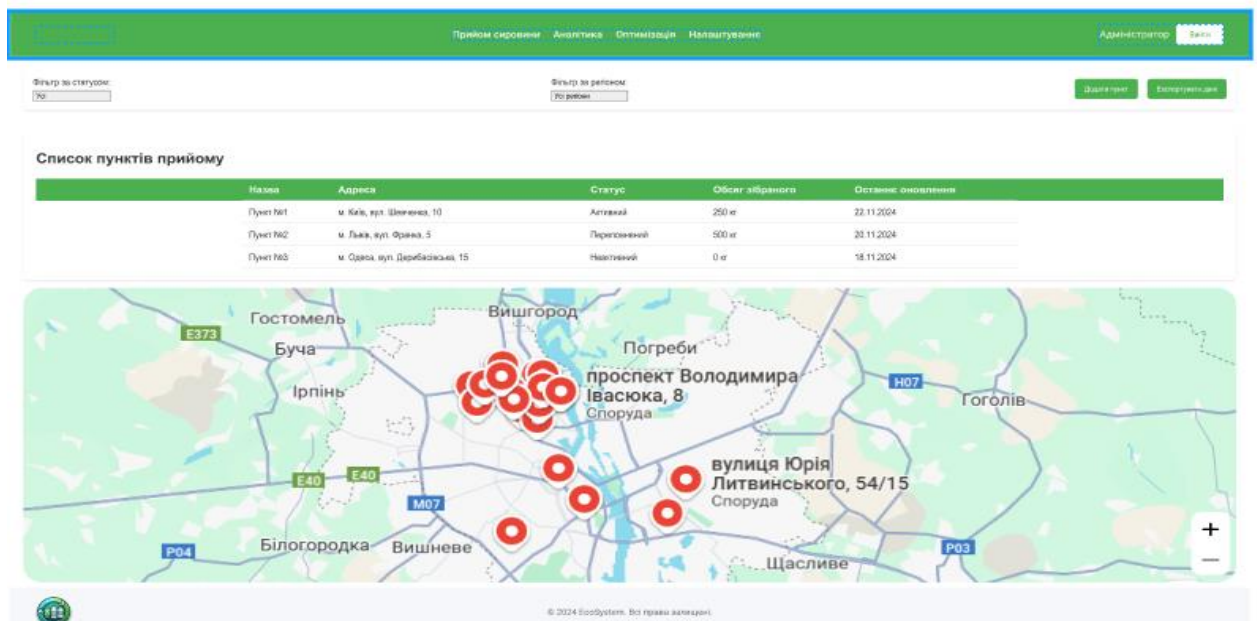


Рис. 3.11. Екран списку пунктів прийому

3. Розділ оптимізації логістики: екран дозволяє оптимізувати перевезення відходів із пунктів прийому до центрів обробки. У верхній частині вводяться дані, такі як пропускна здатність центру та витрати на транспортування. Результати розрахунку відображаються у вигляді таблиці з розподілом відходів за пунктами та центрами обробки, включаючи обсяги і витрати. Нижче представлена інтерактивна карта з візуалізацією маршрутів транспортування (рис. 3.12).

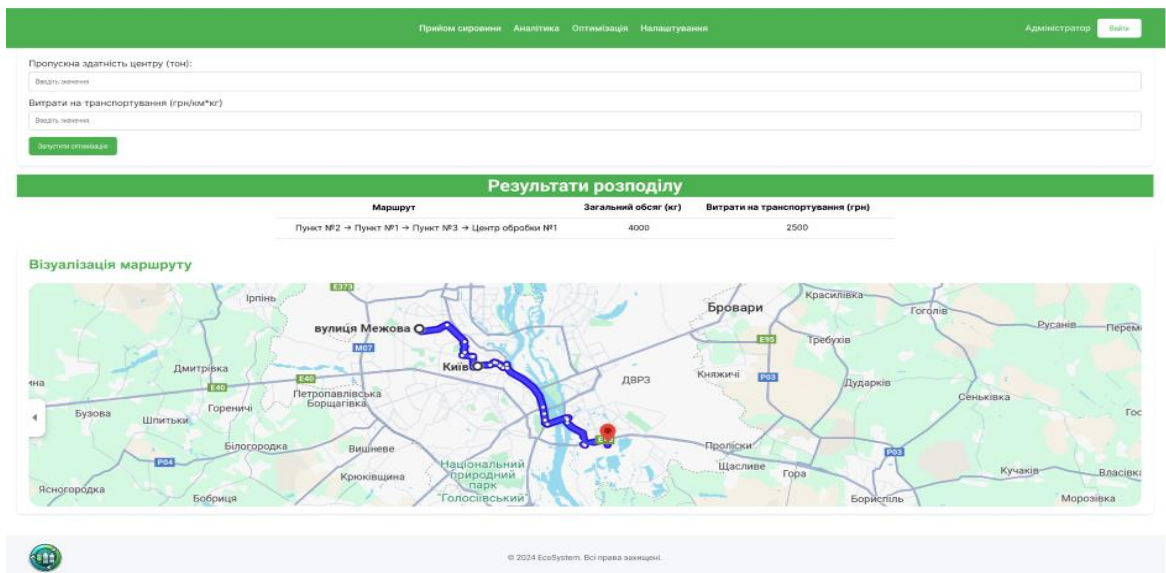


Рис. 3.12. Екран оптимізації логістики

4. Налаштування системи: розділ включає управління користувачами, технічні налаштування, логування подій та моніторинг. Наприклад, на екрані "Користувачі" відображаються таблиці з інформацією про адміністраторів та операторів, їхній статус і дату останнього входу. Адміністратор може активувати, деактивувати або додавати нових користувачів. Ліве бокове меню дозволяє швидко перемикатися між підрозділами (рис. 3.13).

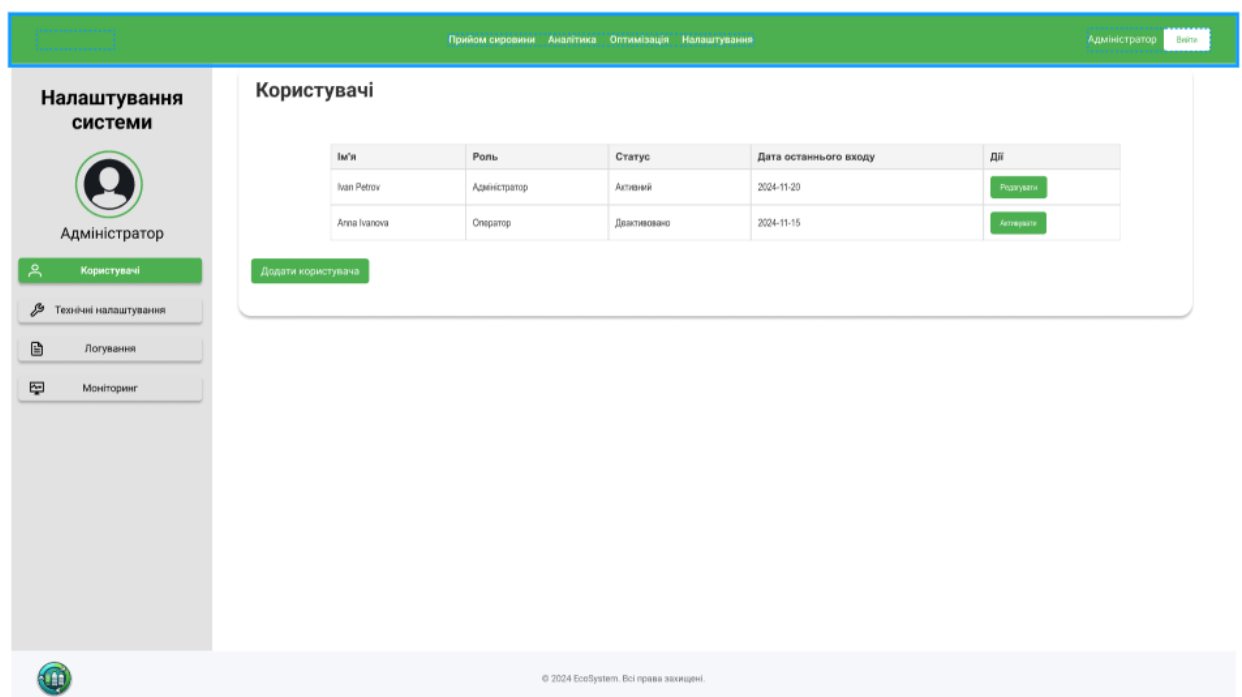


Рис. 3.13. Екран налаштування системи

5. Моніторинг пунктів прийому: цей екран забезпечує детальний огляд стану пунктів прийому. У таблиці відображається назва пункту, адреса, завантаженість у відсотках та поточний статус (нормальна робота, потребує обслуговування). Адміністратори можуть переглядати деталі кожного пункту та отримувати сповіщення про критичні ситуації (рис. 3.14.).

Дизайн веб-застосунку орієнтований на зручність та ефективність адміністративного управління. Інтерактивні графіки, таблиці та фільтри дозволяють швидко аналізувати дані, приймати рішення та адаптувати роботу системи під поточні потреби.

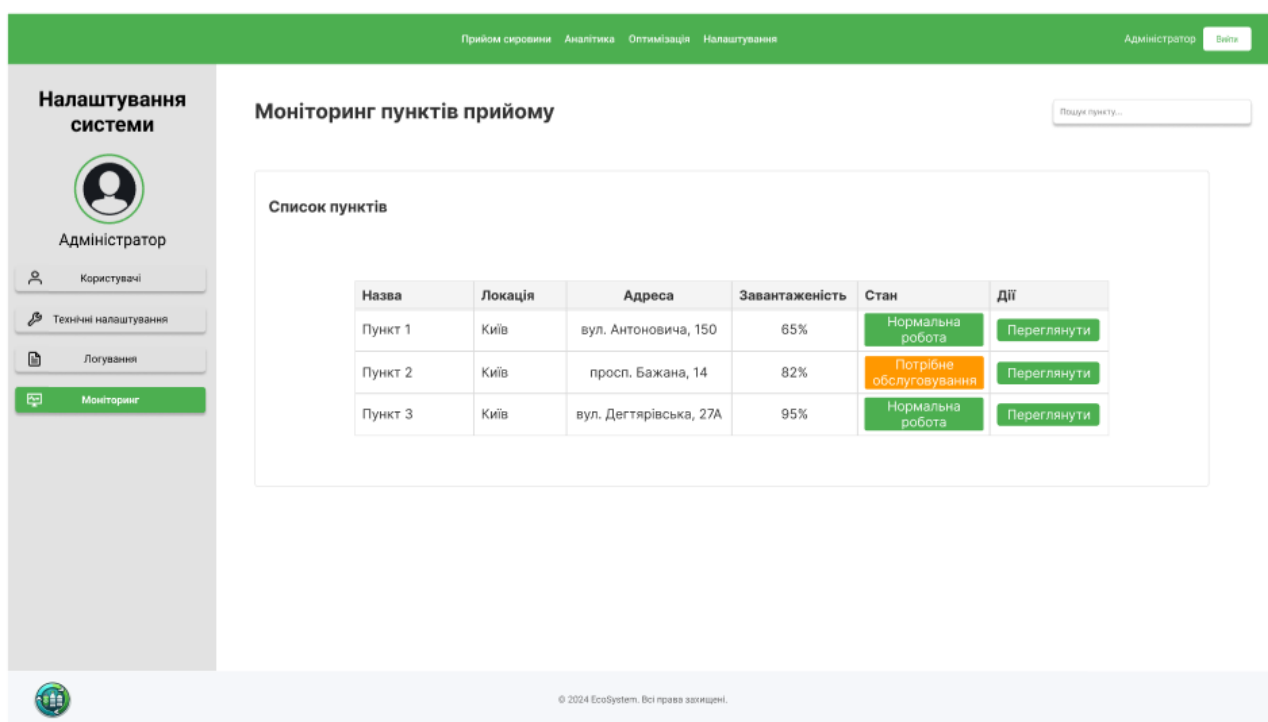


Рис. 3.14. Екран моніторингу пунктів прийому

3.5 Вибір технологій розробки програмного забезпечення

У процесі розробки системи автоматизованого збору та обробки ПЕТ-форм і бляшанок важливим етапом є вибір відповідних технологій для кожного її компонента. Кожен елемент системи — мобільний застосунок, веб-застосунок,

серверна частина та база даних — має свої специфічні вимоги, які треба враховувати під час обґрунтування технологічного вибору.

Мобільний застосунок

Мобільний застосунок орієнтований на кінцевих користувачів, які здають відходи в автоматизовані пункти прийому. Для забезпечення доступності застосунку як для Android, так і для iOS платформ, було обрано фреймворк Flutter [26]. Ця технологія дозволяє створювати кросплатформний код із високою продуктивністю та нативним виглядом для обох платформ. Для програмування у Flutter використовується мова Dart, яка забезпечує зручну розробку, високу продуктивність і швидкий час виконання. Окрім цього, в мобільний застосунок будуть інтегровані картографічні сервіси, такі як Google Maps API або Mapbox [27], для відображення розташування пунктів прийому, та додана підтримка push-сповіщень для інформування користувачів про статуси операцій. Для взаємодії із серверною частиною будуть застосовані HTTP-клієнти, які забезпечують швидкий обмін даними через RESTful API.

Веб-застосунок

Веб-застосунок створюється для адміністраторів і операторів системи з метою управління процесами, моніторингу та аналізу ефективності. Для фронтенд-розробки обрано React.js — сучасний JavaScript-фреймворк, який забезпечує швидку розробку динамічних інтерфейсів і високу продуктивність [28]. Використання HTML5 і CSS3 дозволить структурувати елементи сторінки та стилізувати їх відповідно до потреб системи, тоді як фреймворк Bootstrap додасть адаптивності і зручності використання на різних пристроях [29]. Для відображення аналітики використовуватимуться бібліотеки Chart.js або D3.js, які дозволять будувати інтерактивні графіки та діаграми. Веб-застосунок забезпечить повну інтеграцію з серверною частиною через RESTful API.

Серверна частина

Для серверної частини системи обрано Java як основну мову програмування завдяки її високій продуктивності, стабільності та можливостям для реалізації складної бізнес-логіки. Для швидкого та ефективного обміну

даними між компонентами системи обрано gRPC, який забезпечує мінімальні затримки та високу продуктивність. Такий стек технологій дозволяє створити надійну серверну частину, яка відповідає вимогам до стабільності та ефективності корпоративного рівня.

База даних

Для реалізації бази даних системи було обрано реляційну СУБД PostgreSQL, яка забезпечує високу продуктивність, стабільність та масштабованість. PostgreSQL підтримує складні запити, транзакції та дозволяє працювати з великими обсягами даних, що є критично важливим для зберігання інформації про користувачів, пункти прийому, перевезення, центри обробки та відходи [30]. Структура бази даних побудована на основі нормалізованих таблиць, що мінімізує дублювання даних і забезпечує їхню цілісність. PostgreSQL також підтримує розширення, які можуть бути корисними для майбутнього розширення функціональності системи, наприклад, для географічних запитів чи обробки великих масивів аналітичних даних. Цей вибір дозволяє забезпечити надійність та ефективність зберігання даних для всієї системи.

Обрані технології для кожного компонента системи забезпечують її стабільність, продуктивність і гнучкість у масштабуванні. Використання Java і Spring Boot для серверної частини, PostgreSQL для бази даних та сучасних фреймворків для клієнтських додатків дозволяє створити інтегровану, надійну та ефективну екосистему. Цей технологічний стек гарантує відповідність системи вимогам корпоративного рівня та забезпечує її готовність до подальшого розширення.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТУ

4.1 Організаційна структура проєкту

Організаційна структура проєкту представлена таким чином, щоб забезпечити ефективне управління, координацію та реалізацію всіх аспектів проєкту (рис. 4.1). Основна мета цієї структури – оптимізація взаємодії між департаментами для досягнення високої якості розробки та успішної реалізації проєкту.

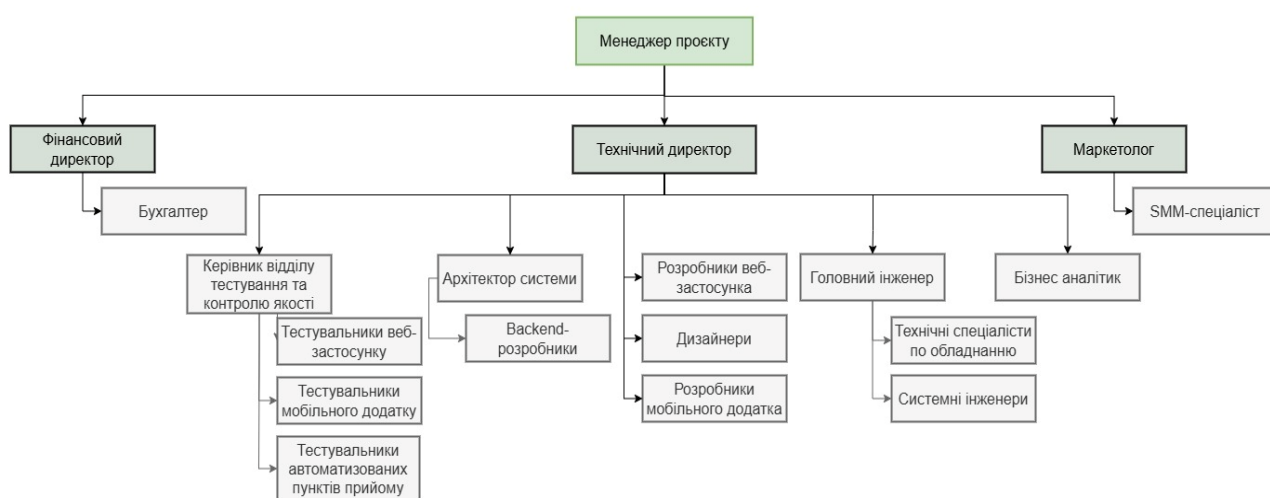


Рис. 4.1. Організаційна структура проєкту

Ключову роль у структурі виконує *менеджер проєкту*, який відповідає за загальне керівництво, контроль дотримання термінів та бюджету, а також координацію роботи всіх департаментів. Він приймає стратегічні рішення та забезпечує досягнення поставлених цілей, що робить його центральною фігурою в організації.

Фінансовий департамент

Фінансовий департамент відіграє важливу роль у забезпеченні фінансової стабільності проєкту. Його очолює *фінансовий директор*, який здійснює управління фінансовими потоками, аналізує витрати та прибутки, а також займається фінансовим плануванням. У цьому йому допомагає *бухгалтер*,

відповідальний за ведення обліку, складання звітності та контроль за дотриманням фінансової дисципліни.

Технічний департамент

Технічний департамент є основою реалізації проєкту, оскільки саме тут здійснюється розробка, тестування та впровадження всіх технічних компонентів системи. Керує департаментом *технічний директор*, який координує роботу технічної команди та приймає ключові технічні рішення.

Архітектор системи відповідає за розробку архітектури проєкту, що включає серверну частину, мобільний додаток та веб-застосунок. *Backend-розробники* займаються створенням серверної частини системи, забезпечуючи її інтеграцію з базою даних та іншими компонентами. *Розробники мобільного застосунку* відповідають за створення зручного та функціонального інтерфейсу для користувачів, тоді як *розробники веб-застосунку* розробляють платформу для адміністраторів і операторів системи. Над забезпеченням естетики та зручності інтерфейсів працюють *дизайнери*.

Окрім програмної складової, технічний департамент займається обладнанням для автоматизованих пунктів прийому. *Головний інженер* організовує технічну реалізацію цих пунктів, а *технічні спеціалісти по обладнанню* здійснюють монтаж, налаштування та обслуговування. *Системні інженери* відповідають за підтримку роботи серверів, баз даних та загальної інфраструктури проєкту.

Відділ тестування та контролю якості

Для забезпечення стабільності та відповідності системи вимогам створено відділ тестування та контролю якості. Його очолює *керівник відділу тестування*, який визначає критерії якості, організовує роботу тестувальників та аналізує результати тестування.

У цьому відділі працюють команди тестувальників, які спеціалізуються на окремих компонентах системи. *Тестувальники веб-застосунку* перевіряють стабільність і функціональність веб-платформи, *тестувальники мобільного застосунку* забезпечують відповідність програми стандартам зручності та

продуктивності. *Тестувальники автоматизованих пунктів прийому* перевіряють роботу обладнання, його взаємодію з програмною частиною та відповідність вимогам безпеки.

Відділ маркетингу

Важливим елементом проекту є відділ маркетингу, завданням якого є інформування громадськості про систему та залучення користувачів. Цей відділ очолює *маркетолог*, який розробляє маркетингові стратегії, створює комунікаційні кампанії та аналізує ринок для визначення найкращих шляхів просування системи. У роботі маркетолога важливу роль відіграє *SMM-спеціаліст*, відповідальний за присутність проекту в соціальних мережах, створення контенту та залучення аудиторії до екологічних ініціатив.

Організаційна структура проекту забезпечує чіткий розподіл ролей та відповідальності, що сприяє злагодженій роботі команди. Така структура дозволяє ефективно вирішувати технічні, фінансові, організаційні та маркетингові завдання, необхідні для успішної реалізації автоматизованої системи прийому та обробки ПЕТ-форм і бляшанок. Кожен департамент виконує свою унікальну функцію, що сприяє досягненню основної мети проекту – створення ефективної системи, яка сприятиме вирішенню екологічних проблем та підвищенню рівня утилізації відходів.

4.2 Формування переліку завдань проекту та розподіл відповідальності

Розробка автоматизованої системи прийому та обробки ПЕТ-форм і бляшанок поділена на кілька ключових фаз, кожна з яких включає відповідний перелік завдань. Це дозволяє структурувати процес реалізації проекту та забезпечити контроль на кожному етапі.

Фаза 1. Ініціація проекту

- Формулювання концепції проекту.
- Визначення цілей та ключових показників успіху.
- Аналіз потреб та зацікавлених сторін.

- Затвердження концепції проєкту.
- Створення початкового бюджету та оцінка ресурсів.
- Формування команди проєкту.

Фаза 2. Планування

- Розробка технічного завдання.
- Вибір методології управління проєктом (Agile з елементами Scrum).
- Розробка дорожньої карти та графіку реалізації проєкту.
- Деталізація віх проєкту.
- Визначення ключових ризиків та розробка плану їхнього управління.
- Складання бюджету проєкту та його затвердження.

Фаза 3. Проєктування

- Розробка архітектури системи.
- Створення концептуальних дизайнів інтерфейсів мобільного додатка та веб-застосунку.
- Визначення технічних вимог до автоматизованих пунктів прийому.
- Створення прототипу мобільного додатка.
- Підготовка технічної документації для реалізації.

Фаза 4. Розробка

- Розробка серверної частини системи.
- Створення мобільного додатка для користувачів.
- Розробка веб-застосунку для адміністраторів і операторів.
- Інтеграція бази даних з усіма компонентами системи.
- Виготовлення прототипів автоматизованих пунктів прийому.
- Розробка оптимізаційного алгоритму для логістики.

Фаза 5. Інтеграція

- Інтеграція мобільного додатка, веб-застосунку та автоматизованих пунктів прийому.
- Налаштування серверної інфраструктури та бази даних.
- Тестування інтеграції всіх компонентів системи.

Фаза 6. Тестування

- Проведення функціонального тестування мобільного додатка.
- Перевірка веб-застосунку на стабільність та відповідність вимогам.
- Тестування автоматизованих пунктів прийому на місцях.
- Проведення інтеграційного та навантажувального тестування системи.
- Усунення виявлених недоліків.

Фаза 7. Впровадження

- Розгортання системи у тестовому середовищі.
- Проведення пілотного запуску системи.
- Навчання адміністраторів та операторів.
- Збір зворотного зв'язку від користувачів.
- Внесення коригувань на основі результатів пілотної експлуатації.

Фаза 8. Завершення

- Офіційний запуск системи.
- Генерація звітів про виконані роботи.
- Передача технічної документації зацікавленим сторонам.
- Оцінка досягнення цілей проєкту.
- Закриття проєкту та фінальна презентація результатів.

Цей перелік завдань відповідає віхам, визначеним у проєкті, та враховує необхідні кроки для успішної реалізації системи. Такий підхід забезпечує послідовне виконання робіт, мінімізує ризики та сприяє ефективному досягненню поставлених цілей.

Матриця відповідальності будується на основі методу RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), який забезпечує чітке визначення ролей кожного учасника проєкту у виконанні завдань (таблиця 4.1.) [31].

- Responsible (Відповідальний): Особа або команда, безпосередньо виконує завдання.
- Accountable (Підзвітний): Особа, що несе відповідальність за результат завдання.

- Consulted (Консультант): Особи або групи, які надають експертну консультацію.

- Informed (Поінформований): Особи, яких інформують про хід виконання завдання.

Таблиця 4.1.

Матриця відповідальності

Фаза / Завдання	Менеджер проекту	Фінансовий директор	Технічний директор	Дизайнери	Команда розробників	Головний інженер	Тестувальник	Маркетолог	Бізнес аналітик
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фаза 1. Ініціація									
Формулювання концепції проекту	R	C	C		I	I			R
Аналіз потреб і зацікавлених сторін	R		C						R
Затвердження концепції	R	I	R	I	I	I	I	I	I
Фаза 2. Планування									
Розробка технічного завдання	A	I	R	C	C	C			R
Оцінка ресурсів і складання бюджету	A	R	C						
Розробка графіку реалізації	R	I	R	C	C	C			
Визначення ризиків	R	C	R						C
Фаза 3. Проектування									
Розробка архітектури системи	A	I	R		C	C	I		I
Дизайн інтерфейсів	A		A	R					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Створення прототипу автоматизованого пункту прийому	A		A		R	R			
Фаза 4. Розробка									
Розробка серверної частини системи	A		A		R				
Створення мобільного додатка	A		A		R				
Розробка веб-застосунку	A		A		R				
Фаза 5. Інтеграція									
Інтеграція всіх компонентів	A		R		R	R	I		
Налаштування серверної інфраструктури	A		A		R				
Фаза 6. Тестування									
Проведення функціонального тестування	A		A				R		
Інтеграційне тестування	A		A				R		
Фаза 7. Впровадження									
Пілотний запуск	A	I	R		R				
Збір зворотного зв'язку	A	I	C					R	R
Внесення коригувань	A	I	R		R		R		
Фаза 8. Завершення									
Офіційний запуск системи	A	I	R					R	
Генерація звітів	A	R	C						R
Оцінка досягнення цілей проєкту	A	R	C						R

4.3 Оцінка вартості проєкту

Для реалізації проєкту зі створення автоматизованої системи прийому та обробки ПЕТ-форм і бляшанок важливо детально оцінити всі передбачувані витрати. Ця оцінка дозволяє врахувати основні фінансові потреби, пов'язані з залученням команди, придбанням обладнання, розробкою програмного забезпечення, тестуванням, впровадженням та іншими етапами життєвого циклу проєкту. Наведена таблиця містить розподіл витрат за категоріями, що охоплюють усі ключові аспекти розробки, інтеграції та впровадження системи (таблиця 4.2.).

Таблиця 4.2.

Оцінка вартості проєкту

Назва витрат	Ціна за одиницю (грн)	Кількість	Тривалість (к-ть місяців)	Загальна вартість (грн)
1	2	3	4	5
Зарплати команди				
Менеджер проєкту	80,000	1	12	960,000
Фінансовий директор	70,000	1	12	840,000
Технічний директор	100, 000	1	12	1 200 000,000
Розробник мобільного застосунку	50,000	1	3	150,000
Архітектор системи	90,000	1	5	450, 000
Розробник веб-застосунку	50,000	1	3	150,000
Back-end розробник	70,000	1	3	210,000
Головний інженер	60,000	1	5	300,000
Інженери з розробки пунктів прийому	50,000	2	5	500,000
Тестувальники	25,000	3	2	150,000
Маркетолог	45,000	1	6	270,000
Бухгалтер	30,000	1	12	360,000

Продовження табл. 4.2.

1	2	3	4	5
UI/UX дизайнер	40,000	1	2	80,000
Бізнес-аналітик	50,000	1	12	600,000
SMM-менеджер	20,000	1	2	40,000
Інфраструктурні витрати				
Сервер	150,000	1	-	150,000
Обладнання для пункту прийому	200,000	4	-	800,000
Ліцензії на ПЗ	15,000	4	12	720, 000
Обслуговування інфраструктури (електрика)	10,000	1	12	120,000
Ноутбук	50,000	15	-	750,000
Смартфон Android	10,000	3	-	30,000
Смартфон iOS	20,000	2	-	40,000
Операційні витрати				
Підтримка серверів	20,000	1	4	80,000
Маркетингові витрати				
Кампанії в соціальних мережах	30,000	1	2	60,000
Освітні ініціативи для користувачів	40,000	1	3	120,000
Непередбачені витрати				
Резерв на непередбачені витрати	5% від загального бюджету	-	-	456,500
Загальна вартість				9,586,500

4.4 Розробка календарно-сітьової моделі

Розробка календарно-сітьової моделі є важливим етапом управління проектом, що забезпечує візуалізацію послідовності виконання завдань, визначення критичного шляху та управління часовими ресурсами [32]. Для

проєкту зі створення автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм і бляшанок така модель дозволяє не лише оптимізувати розподіл ресурсів, але й забезпечити ефективне планування, моніторинг та контроль виконання робіт.

Основою розробки календарно-сітьової моделі стала декомпозиція проєкту на окремі завдання, що згруповані за етапами. Ці етапи охоплюють всі ключові процеси: від ініціації, планування і розробки до тестування, впровадження та закриття проєкту. Кожне завдання має визначені тривалість, попередні і наступні завдання, а також відповідальних виконавців. Взаємозв'язок між завданнями встановлено на основі логічної послідовності виконання, враховуючи залежності типу "початок-кінець" та "кінець-початок". Це дозволило побудувати мережевий графік, який забезпечує інтеграцію часових і ресурсних показників.

Для побудови календарно-сітьової моделі було використано програмне забезпечення MS Project, яке забезпечило структуроване планування та візуалізацію послідовності виконання завдань проєкту. У програмі створено детальний список завдань із зазначенням їхньої тривалості, залежностей між завданнями та відповідальних виконавців.

Завдання проєкту разом із їхньою структурою, тривалістю та витратами детально відображені на рис. 4.2. – 4.6. Вони демонструють ключові етапи виконання проєкту, логічні залежності між завданнями та використання ресурсів.

	Режим завдань	Ім'я завдання	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів	Витрати
1		Визначення цілей та завдань проєкту	20 днів	Пт 10.01.25	Чт 06.02.25			58 800,00€
2		Формулювання цілей проєкту	8 днів	Пт 10.01.25	Вт 21.01.25		Менеджер проєкту[50%]; Бізне.	23 520,00€
3		Розробка пропозиції проєкту	8 днів	Ср 22.01.25	Пт 31.01.25	2	Менеджер проєкту[50%]; Бізне.	23 520,00€
4		Затвердження концепції проєкту	4 днів	Пн 03.02.25	Чт 06.02.25	3	Бізнес-аналітик[50%] проєкту[50%]	11 760,00€
5		Визначення зацікавлених сторін	15 днів	Пт 07.02.25	Чт 27.02.25	1		44 100,00€
6		Визначення ключових зацікавлених сторін	5 днів	Пт 07.02.25	Чт 13.02.25		Бізнес-аналітик[50%] проєкту[50%]	14 700,00€
7		Проведення зустрічей із зацікавленими сторонами	7 днів	Пт 14.02.25	Пн 24.02.25	6	Менеджер проєкту[50%]; Бізне.	20 580,00€
8		Збір вимог і очікувань	3 днів	Вт 25.02.25	Чт 27.02.25	7	Менеджер проєкту[8 820,00€
9		Попередня оцінка бюджету та графіку	15 днів	Пт 28.02.25	Чт 20.03.25	5		56 080,00€
10		Оцінка витрат проєкту	7 днів	Пт 28.02.25	Пн 10.03.25		Фінансовий директ	25 480,00€
11		Розробка попереднього графіку	5 днів	Вт 11.03.25	Пн 17.03.25	10	Менеджер проєкту[50%]; Техні	20 400,00€
12		Затвердження бюджету та графіку	3 днів	Вт 18.03.25	Чт 20.03.25	11	Фінансовий директор[50%]; Мен	10 200,00€
13		Розробка детального плану проєкту	18 днів	Пт 21.03.25	Вт 15.04.25	9		70 120,00€
14		Створення графіку виконання завдань	10 днів	Пт 21.03.25	Чт 03.04.25		Технічний директор[75%]; Мен	43 200,00€
15		Розподіл ресурсів	5 днів	Пт 04.04.25	Чт 10.04.25	14	Менеджер проєкту[18 100,00€
16		Оцінка ризиків і план	3 днів	Пт 11.04.25	Вт 15.04.25	15	Менеджер	8 820,00€

Рис. 4.2. Перелік завдань в MS Project

	Режим завдан	Ім'я завдання	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів	Витрати
17		Визначення вимог до системи	12 днів	Ср 16.04.25	Пн 05.05.25	13		110 860,00€
18		Збір вимог для веб-застосунку	10 днів	Ср 16.04.25	Ср 30.04.25		Бізнес-аналітик[25%]; директор[50%]; Архі	38 700,00€
19		Збір вимог для мобільного застосунку	10 днів	Ср 16.04.25	Ср 30.04.25		Бізнес-аналітик[25%]; директор[50%]; Архі	38 700,00€
20		Збір вимог для автоматизованого пункту прийому	8 днів	Ср 16.04.25	Пн 28.04.25		Бізнес-аналітик[25%]; директор[50%]; Головн інженер[25%]	28 240,00€
21		Документування та затвердження вимог	2 днів	Пт 02.05.25	Пн 05.05.25	18;19;20	Бізнес-аналітик[75%]; проекту[25%]	5 220,00€
22		Розробка плану закупівель	10 днів	Вт 06.05.25	Пн 19.05.25	17		29 520,00€
23		Визначення потреб у закупівлях для автоматизованих пунктів	4 днів	Вт 06.05.25	Пт 09.05.25		Системний інженер[25%]; Головн інженер[50%]; Техні спеціаліст по	10 000,00€
24		Створення графіку закупівель	4 днів	Пн 12.05.25	Чт 15.05.25	23	Головний інженер[75%]; Фіна	11 360,00€
25		Затвердження закупівель	2 днів	Пт 16.05.25	Пн 19.05.25	24	Менеджер проекту[50%]; Техні	8 160,00€
26		Організація команди проекту	10 днів	Вт 20.05.25	Пн 02.06.25	22		41 760,00€
27		Визначення ролей і відповідальності	4 днів	Вт 20.05.25	Пт 23.05.25		Менеджер проекту[50%]; Техні	16 320,00€
28		Проведення зустрічей команди	4 днів	Пн 26.05.25	Чт 29.05.25	27	Менеджер проекту[50%]; Техні	16 320,00€
29		Розробка плану комунікації	2 днів	Пт 30.05.25	Пн 02.06.25	28	Технічний директор	9 120,00€
30		Проектування системи	24 днів	Вт 03.06.25	Пн 07.07.25	26		200 808,00€

Рис. 4.3. Перелік завдань в MS Project (продовження)

	Режим завдан	Ім'я завдання	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів	Витрати
31		Розробка архітектури системи (включно з пунктом прийому)	18 днів	Вт 03.06.25	Чт 26.06.25		Архітектор системи[50%]; Головн інженер[50%]	61 200,00€
32		Проектування веб-застосунку	15 днів	Вт 03.06.25	Пн 23.06.25		Архітектор системи[40%]; UI/UX	41 700,00€
33		Проектування мобільного застосунку	15 днів	Вт 03.06.25	Пн 23.06.25		Архітектор системи[40%]; UI/UX	41 700,00€
34		Проектування автоматизованого пункту прийому	15 днів	Вт 03.06.25	Пн 23.06.25		Головний інженер[40%]; Техні спеціаліст по	36 840,00€
35		Узгодження дизайну системи	6 днів	Пт 27.06.25	Пн 07.07.25	31;32;33;34	Менеджер проекту[30%]; Техні	19 368,00€
36		Розробка	62 днів	Вт 08.07.25	Чт 02.10.25	30		434 520,00€
37		Налаштування середовища розробки	7 днів	Вт 08.07.25	Ср 16.07.25		Архітектор системи[50%]; Техні	30 240,00€
38		Розробка модуля збору даних для пункту прийому	25 днів	Чт 17.07.25	Ср 20.08.25	37	Головний інженер[50%]; Техні спеціаліст по	62 500,00€
39		Розробка модуля обробки даних	25 днів	Чт 17.07.25	Ср 20.08.25	37	Backend-розробник	80 000,00€
40		Розробка веб-застосунку	30 днів	Чт 17.07.25	Чт 28.08.25	37	Розробник веб-застосунку	68 400,00€
41		Розробка мобільного застосунку	30 днів	Чт 17.07.25	Чт 28.08.25	37	Розробник мобільного	68 400,00€
42		Розробка прототипу автоматизованого пункту прийому	30 днів	Чт 17.07.25	Чт 28.08.25	37	Головний інженер[40%]; Техні спеціаліст по	73 680,00€
43		Інтеграція компонентів (пункт, веб, мобільний)	15 днів	Пт 29.08.25	Чт 18.09.25	38;39;40;41;42	Розробник веб-застосунку[25%]; мобільного	39 300,00€

Рис. 4.4. Перелік завдань в MS Project (продовження)

	Режим завдан	Ім'я завдання	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів	Витрати
44	🚀	Проведення модульного тестування	10 днів	Пт 19.09.25	Чт 02.10.25	43	Тестувальник автоматизованих пунктів	12 000,00€
45	📢	Закупівлі	20 днів	Вт 08.07.25	Пн 04.08.25	30		48 620,00€
46	🚀	Визначення компонентів для пункту прийому	6 днів	Вт 08.07.25	Вт 15.07.25		Головний інженер[50%];Системний інженер[25%];Технічний інженер[25%]	15 000,00€
47	🚀	Замовлення компонентів	5 днів	Ср 16.07.25	Вт 22.07.25	46	Головний інженер[50%];Фінансовий менеджер[50%]	11 120,00€
48	🚀	Приєм і перевірка компонентів	5 днів	Ср 23.07.25	Вт 29.07.25	47	Головний інженер[50%];Технічний інженер[50%]	12 500,00€
49	🚀	Інтеграція компонентів	4 днів	Ср 30.07.25	Пн 04.08.25	48	Головний інженер[50%];Системний інженер[50%]	10 000,00€
50	📢	Тестування	51 днів	Вт 05.08.25	Чт 16.10.25	36SS+14 днів		114 680,00€
51	🚀	Розробка тест-плану	5 днів	Вт 05.08.25	Пн 11.08.25		Тестувальник автоматизованих пунктів	6 000,00€
52	🚀	Функціональне тестування веб-застосунку	15 днів	Чт 28.08.25	Ср 17.09.25	51;40FF+14 днів	Тестувальник веб-застосунку	18 000,00€
53	🚀	Функціональне тестування мобільного застосунку	15 днів	Чт 28.08.25	Ср 17.09.25	51;41FF+14 днів	Розробник мобільного застосунку	34 200,00€
54	🚀	Тестування автоматизованого пункту	15 днів	Ср 20.08.25	Ср 10.09.25	51;38FF+14 днів;49	Тестувальник автоматизованих пунктів прийому	18 000,00€
55	🚀	Інтеграційне тестування	10 днів	Чт 18.09.25	Ср 01.10.25	52;53;54	Тестувальник веб-застосунку[35%]	12 000,00€
56	🚀	Виправлення знайдених помилок	10 днів	Чт 02.10.25	Ср 15.10.25	55	Розробник веб-застосунку[30%]	26 480,00€
57	🚀	Завершення тестування системи	0 днів	Чт 16.10.25	Чт 16.10.25	56	Менеджер проекту	0,00€

Рис. 4.5. Перелік завдань в MS Project (продовження)

	Режим завдан	Ім'я завдання	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів	Витрати
57	🚀	Завершення тестування системи	0 днів	Чт 16.10.25	Чт 16.10.25	56	Менеджер проекту	0,00€
58	🚀	Навчання та документація	25 днів	Пт 17.10.25	Чт 20.11.25	50		61 400,00€
59	🚀	Розробка інструкцій для користувачів	12 днів	Пт 17.10.25	Пн 03.11.25		Бізнес-аналітик	27 360,00€
60	🚀	Проведення навчання операторів	10 днів	Вт 04.11.25	Пн 17.11.25	59	Головний інженер	27 200,00€
61	🚀	Збір відгуків	3 днів	Вт 18.11.25	Чт 20.11.25	60	Бізнес-аналітик	6 840,00€
62	🚀	Розгортання	30 днів	Пт 17.10.25	Чт 27.11.25	50		102 500,00€
63	🚀	Планування розгортання	10 днів	Пт 17.10.25	Чт 30.10.25		Менеджер проекту[50%];Технічний інженер[50%]	36 200,00€
64	🚀	Розгортання пункту прийому	15 днів	Пт 31.10.25	Чт 20.11.25	63	Головний інженер[50%];Системний інженер[50%]	37 500,00€
65	🚀	Розгортання веб- та мобільного застосунку	10 днів	Пт 31.10.25	Чт 13.11.25	63	Розробник веб-застосунку[50%]	22 800,00€
66	🚀	Пост-розгортальне тестування	5 днів	Пт 21.11.25	Чт 27.11.25	64;65	Тестувальник автоматизованих пунктів	6 000,00€
67	🚀	Завершення проекту	15 днів	Пт 28.11.25	Чт 18.12.25	58;62		44 868,00€
68	🚀	Оцінка результатів проекту	10 днів	Пт 28.11.25	Чт 11.12.25		Менеджер проекту[50%];Бізнес-аналітик[50%]	29 400,00€
69	🚀	Документування	3 днів	Пт 12.12.25	Вт 16.12.25	68	Менеджер проекту[50%]	8 268,00€
70	🚀	Підписання завершення проекту	2 днів	Ср 17.12.25	Чт 18.12.25	69	Менеджер проекту	7 200,00€
71	🚀	Підтримка після впровадження	20 днів	Пт 19.12.25	Чт 15.01.26	67		46 920,00€
72	🚀	Початкова підтримка операторів	10 днів	Пт 19.12.25	Чт 01.01.26		Системний інженер[50%];Технічний інженер[50%]	22 800,00€
73	🚀	Передача до операційної підтримки	10 днів	Пт 02.01.26	Чт 15.01.26	72	Головний інженер[30%];Системний інженер[70%]	24 120,00€

Рис. 4.6. Перелік завдань в MS Project (продовження)

Далі перейдемо до діаграми Ганта. На рис. 4.7. - 4.11. відображена повна її структура, відповідно до створених завдань.

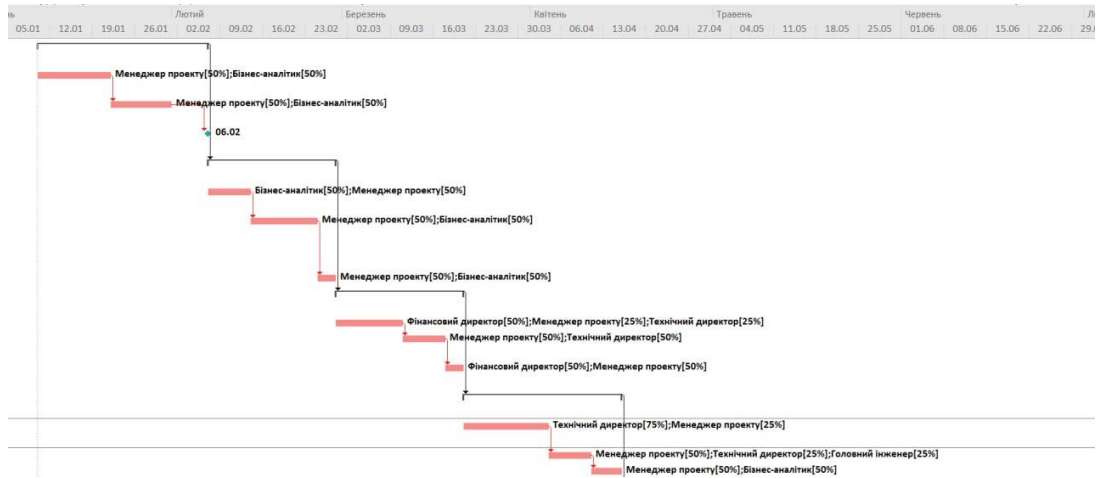


Рис. 4.7. Діаграма Ганта

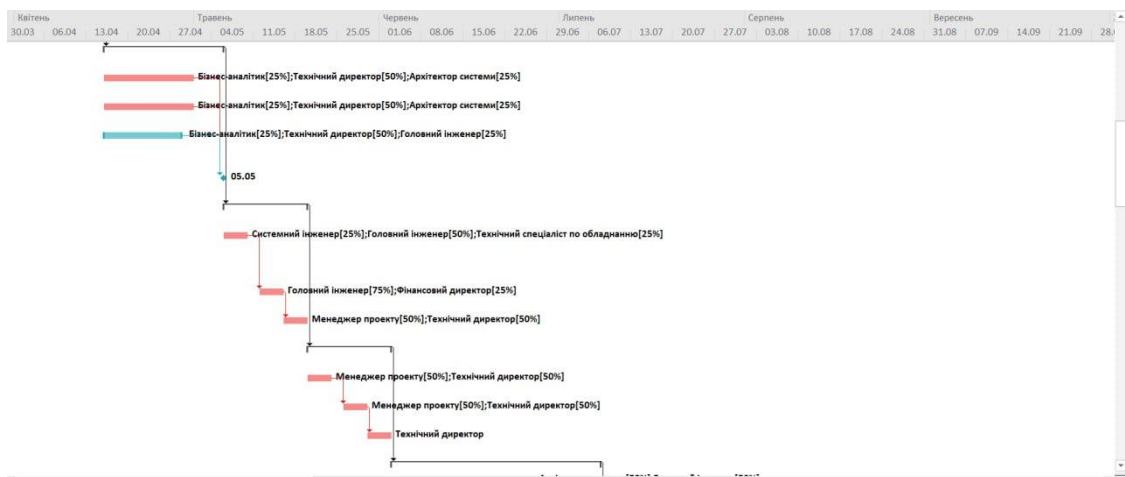


Рис. 4.8. Діаграма Ганта (продовження)

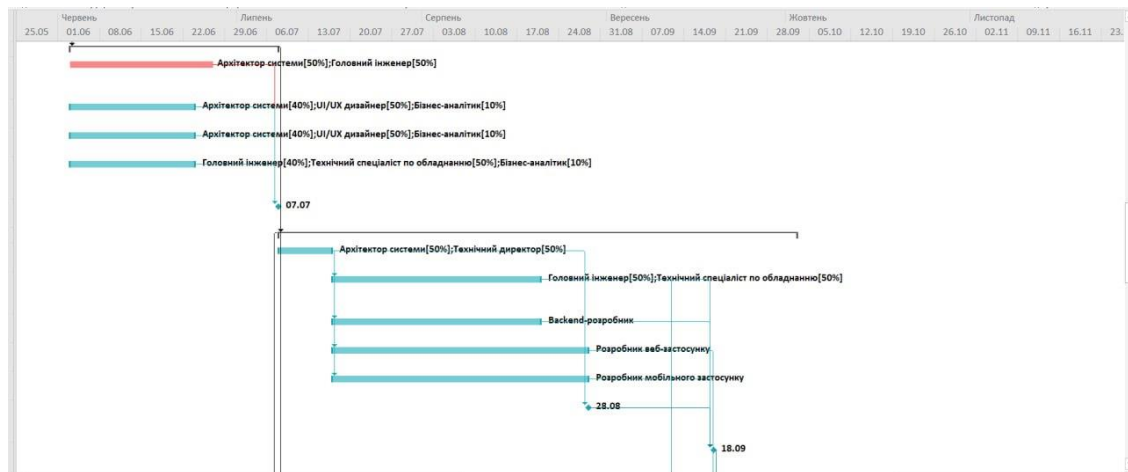


Рис. 4.9. Діаграма Ганта (продовження)



Рис. 4.10. Діаграма Ганта (продовження)



Рис. 4.11. Діаграма Ганта (продовження)

Тепер перейдемо до списку ресурсів і витрат. На рис. 4.12. зображено трудові ресурси, які використовуються в проєкті. Як можна побачити із даного малюнку є певні конфлікти ресурсів, тому на рис. 4.13. – 4.15. зображені діаграми ресурсів, у яких наявний певний конфлікт.

№	Ім'я ресурсу	Тип	Одиниця вимірюваних матеріалів	Ініціали	Група	Макс. одиниць	Звич. ставка	Понад. ставка	Витрати/ї	Нарахув.	Основний календар	дати новий стовпець
1	Менеджер проекту	Робота		М	Керівник	100%	450,00€/год	550,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
2	Фінансовий директор	Робота		Ф	Директор	100%	400,00€/год	500,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
3	Технічний директор	Робота		Т	Директор	100%	570,00€/год	600,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
4	Маркетолог	Робота		М	Директор	100%	250,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
5	Бухгалтер	Робота		Б	Фінансист	100%	170,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
6	Архітектор системи	Робота		А	Розробни	100%	510,00€/год	550,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
7	Головний інженер	Робота		Г	Розробни	100%	340,00€/год	350,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
8	Бізнес-аналітик	Робота		Б	Аналітик	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
9	SMM-спеціаліст	Робота		S	SMM	100%	200,00€/год	250,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
10	Тестувальник веб-застосунку	Робота		T	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
11	Тестувальник мобільного додатку	Робота		T	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
12	Тестувальник автоматизованих пунктів прийому	Робота		T	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
13	Backend-розробник	Робота		B	Розробни	100%	400,00€/год	450,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
14	Розробник веб-застосунку	Робота		P	Розробни	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
15	Розробник мобільного застосунку	Робота		P	Розробни	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
16	UI/UX дизайнер	Робота		U	Дизайнер	100%	230,00€/год	250,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
17	Технічний спеціаліст по обладнанню	Робота		T	Розробни	100%	285,00€/год	285,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	
18	Системний інженер	Робота		C	Розробни	100%	285,00€/год	285,00€/год	0,00€	Пропорції	Стандартний	

Рис. 4.12. Трудові ресурси (із конфліктом)

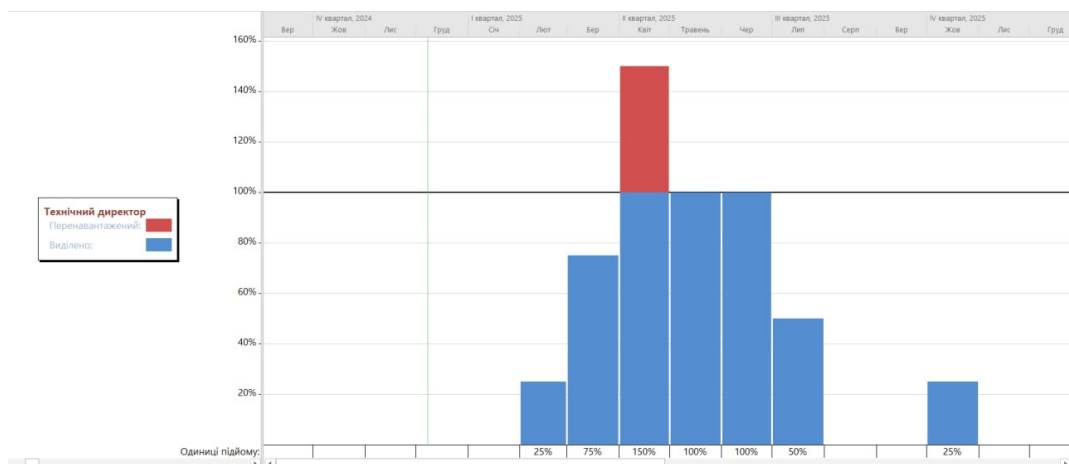


Рис. 4.13. Діаграма конфлікту ресурсів (технічний директор)

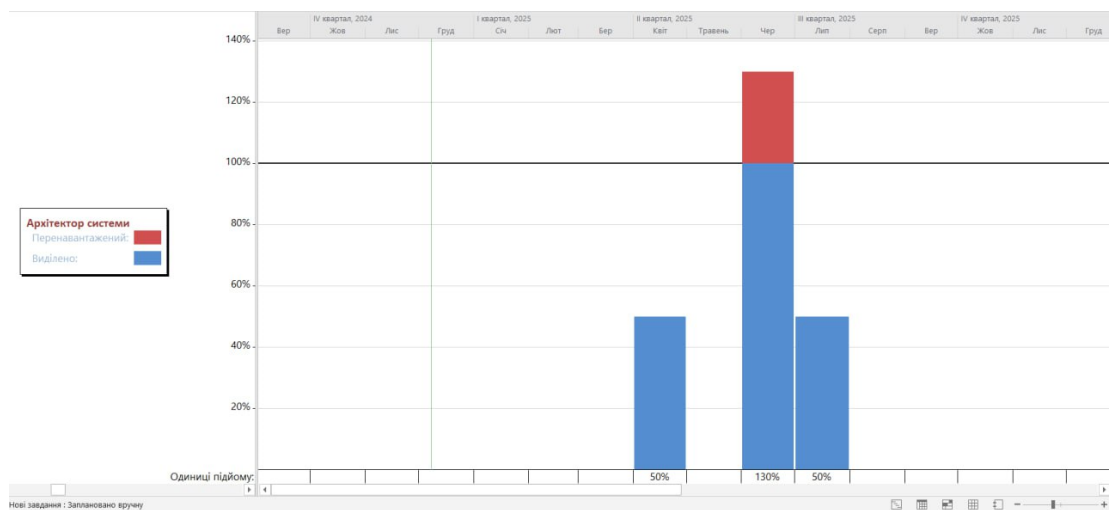


Рис. 4.14. Діаграма конфлікту ресурсів (архітектор системи)

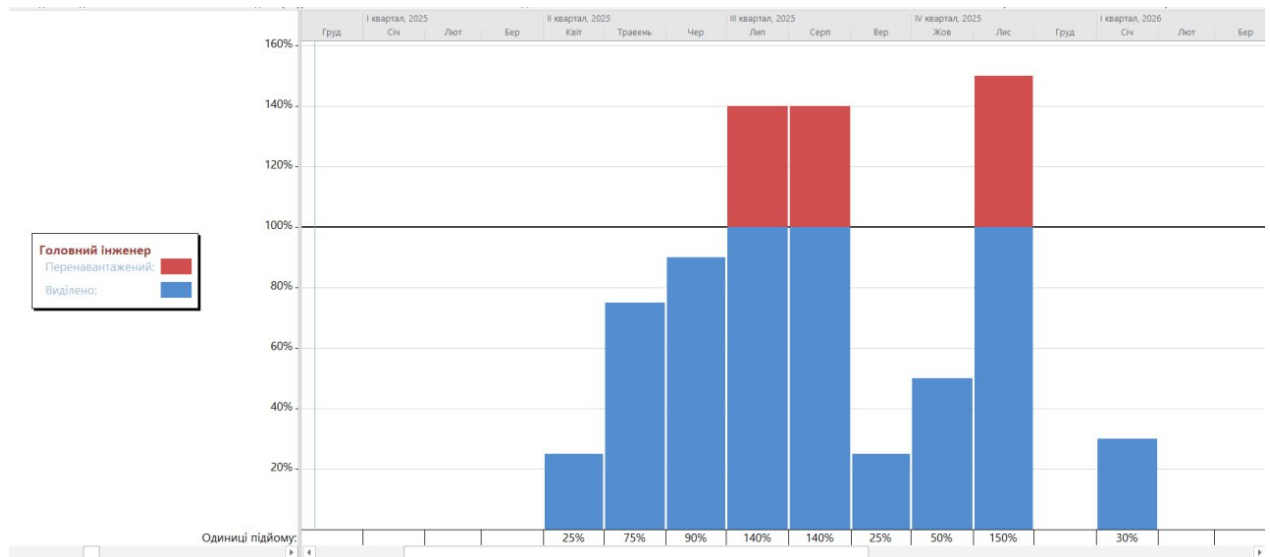


Рис. 4.15. Діаграма конфлікту ресурсів (головний інженер)

На рис. 4.16. зображено результат вирішення конфліктів.

	Ім'я ресурсу	Тип	Одиниця вимірюваних матеріалів	Ініціали	Група	Макс. одиниць	Звич. ставка	Понад. ставка	Витрати/г	Нарахув.	Основний календар	Додати новий стовпець
1	Менеджер проекту	Робота		М	Керівник	100%	450,00€/год	550,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
2	Фінансовий директор	Робота		Ф	Директор	100%	400,00€/год	500,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
3	Технічний директор	Робота		Т	Директор	100%	570,00€/год	600,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
4	Маркетолог	Робота		М	Директор	100%	250,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
5	Бухгалтер	Робота		Б	Фінансист	100%	170,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
6	Архітектор системи	Робота		А	Розробни	100%	510,00€/год	550,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
7	Головний інженер	Робота		Г	Розробни	100%	340,00€/год	350,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
8	Бізнес-аналітик	Робота		Б	Аналітик	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
9	SMM-спеціаліст	Робота		S	SMM	100%	200,00€/год	250,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
10	Тестувальник веб-застосунку	Робота		Т	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
11	Тестувальник мобільного додатку	Робота		Т	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
12	Тестувальник автоматизованих пунктів прийому	Робота		Т	Тестуваль	100%	150,00€/год	200,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
13	Backend-розробник	Робота		В	Розробни	100%	400,00€/год	450,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
14	Розробник веб-застосунку	Робота		Р	Розробни	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
15	Розробник мобільного застосунку	Робота		Р	Розробни	100%	285,00€/год	300,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
16	UI/UX дизайнер	Робота		У	Дизайнер	100%	230,00€/год	250,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
17	Технічний спеціаліст по обладнанню	Робота		Т	Розробни	100%	285,00€/год	285,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	
18	Системний інженер	Робота		С	Розробни	100%	285,00€/год	285,00€/год	0,00€	Пропорцій	Стандартний	

Рис. 4.16. Трудові ресурси (після вирішення конфліктів)

Результатом розробки календарно-сітьової моделі стало отримання чіткого графіка реалізації проекту, який дозволяє координувати дії всіх учасників команди, своєчасно виконувати завдання і забезпечувати досягнення запланованих результатів у встановлені терміни. Ця модель є основою для управління часом у проекті, а також для створення більш детальних планів з

управління ресурсами, ризиками і комунікаціями. Вона забезпечує інтегроване управління проектом, мінімізуючи ймовірність затримок і сприяючи ефективному використанню наявних ресурсів.

4.5 Розрахунок економічної ефективності

Для прийняття рішення щодо реалізації проекту важливо оцінити його економічну ефективність. Це дозволяє визначити, наскільки вигідним є інвестування у створення автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм і бляшанок. Розглянемо ключові економічні показники, такі як чиста приведена вартість (NPV) [33], індекс рентабельності (PI) [34] та період окупності інвестицій (PBP) [35]. Розрахунки базуються на вихідних даних про витрати, доходи, а також прогнозованих грошових потоках.

Загальна сума інвестиційних витрат складає 8,930,000 грн. Ці витрати включають кошти на розробку системи (6,260,000 грн), закупівлю обладнання (1,770,000 грн), ліцензії на програмне забезпечення (720,000 грн) і маркетингові заходи (180,000 грн). Інвестиції спрямовані на створення програмних компонентів, забезпечення технічної інфраструктури, а також проведення рекламних кампаній для популяризації системи серед користувачів.

До операційних витрат належать щомісячні витрати на електроенергію (10,000 грн), обслуговування серверів (20,000 грн), заробітну плату операційного персоналу (50,000 грн), витрати на перевезення відходів до центрів обробки (15,000 грн на місяць) і витрати на очищення відходів у автоматизованих пунктах прийому (10,000 грн на місяць). Сумарно щомісячні операційні витрати складають 105,000 грн, що дорівнює 1,260,000 грн на рік.

Очікуваний дохід включає два основних джерела:

- дохід від переробки ПЕТ-форм і бляшанок: за умов переробки 10,000 кг на місяць за середньою ціною 30 грн за кілограм щомісячний дохід становить 300,000 грн;
- дохід від реклами у мобільному застосунку: 5,000 грн на місяць.

Загальний щомісячний дохід складає 305,000 грн, а щорічний – 3,660,000 грн. Передбачено щорічне зростання доходів на 5% завдяки збільшенню обсягів збору сировини та залученню нових користувачів.

Для оцінки економічної ефективності проєкту було розраховано наступні показники:

1. Чиста приведена вартість (NPV): NPV оцінює, наскільки вигідним є проєкт з урахуванням вартості грошей у часі.

Формула:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C, \quad (4.1)$$

де:

- CF_t — чистий грошовий потік у році t . Розраховується як

$$NCF_t = \text{Дохід}_t - \text{Операційні витрати}_t \quad (4.2)$$

$$\text{Дохід}_t = \text{Дохід}_{t-1} * (1 + q) \quad (4.3)$$

Де дохід₁ - 3 660 000 грн, $q = 5\% = 0,05$

Операційні витрати оцінюються в 1 260 000 грн щорічно.

- r — ставка дисконту (10%),
- C — початкові інвестиції,
- n — термін експлуатації проєкту (5 років).

Відповідно

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C = 2\,400\,000 + 2\,134\,710 + 2\,085\,011 + 2\,033\,267 + 1\,979\,964 - 8\,930\,000 = 1\,702\,952, \quad (4.4)$$

Позитивне значення NPV свідчить про прибутковість проєкту, враховуючи вартість грошей у часі.

2. Індекс рентабельності (PI)

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{|C|} = 1,19 \quad (4.5)$$

Індекс рентабельності (PI) становить 1.19, що підтверджує ефективність кожної вкладеної гривні, адже на кожну гривню інвестицій припадає 1.19 грн

доходу. Період окупності (РВР) розраховано на рівні 3,5 років, що є прийнятним показником для подібних проєктів.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що реалізація проєкту є економічно виправданою. Він забезпечує високу рентабельність, швидке повернення вкладених інвестицій і значний фінансовий ефект у довгостроковій перспективі. Оцінка показників, таких як NPV, PI і РВР, підтверджує доцільність інвестицій та перспективність системи як джерела стабільного доходу.

4.6 Оцінка ризиків і розробка заходів реагування

Управління ризиками є одним із найважливіших аспектів успішного виконання проєкту. Оцінка ризиків дозволяє забезпечити стабільне виконання проєкту, уникнути значних втрат і ефективно реагувати на виклики, які можуть виникнути в процесі реалізації [36].

Процес управління ризиками починається з їхньої ідентифікації [36]. Для цього використовуються різні методи, зокрема аналіз аналогічних проєктів, експертне опитування та моделювання можливих сценаріїв розвитку подій. У рамках проєкту зі створення автоматизованої системи прийому і обробки ПЕТ-форм і бляшанок основні ризики поділено на кілька груп: фінансові, технічні, організаційні, операційні та зовнішні.

Фінансові ризики

Фінансові ризики є однією з найбільш критичних груп ризиків, оскільки вони можуть вплинути на можливість завершення проєкту. Основні фінансові ризики представлені у таблиці 4.3.

Перевищення бюджету може виникнути через непередбачені витрати на додаткові компоненти системи чи їх інтеграцію. Нестача фінансування є ризиком у разі затримок із надходженням коштів від інвесторів чи інших джерел. Зміна вартості обладнання може стати наслідком ринкових коливань або валютних змін.

Оцінка фінансових ризиків

Ризикова подія	Сила впливу (1-5)	Керованість (1-5)
Перевищення бюджету	4	3
Нестача фінансування	5	2
Зміна вартості обладнання або матеріалів	3	3

Технічні ризики

Технічні ризики стосуються роботи програмного забезпечення, обладнання та технологічних процесів (таблиця 4.4.).

Оцінка технологічних ризиків

Ризикова подія	Сила впливу (1-5)	Керованість (1-5)
Помилки в програмному забезпеченні	4	4
Несправність обладнання	5	3
Несумісність компонентів системи	4	3

Помилки в програмному забезпеченні можуть вплинути на функціональність мобільного застосунку, веб-порталу чи серверної частини. Несправність обладнання автоматизованих пунктів прийому може призупинити операції з обробки відходів. Несумісність компонентів системи може виникнути під час інтеграції мобільного, веб-застосунків і автоматизованих пунктів.

Організаційні ризики

Організаційні ризики виникають через людський фактор та процеси управління командою (таблиця 4.5.).

Неефективна комунікація між членами команди може призвести до помилок і затримок. Втрата ключових фахівців у критичні моменти може значно ускладнити реалізацію проєкту. Невиконання термінів окремих етапів може вплинути на дотримання загального графіку.

Таблиця 4.5.

Оцінка організаційних ризиків

Ризикова подія	Сила впливу (1-5)	Керованість (1-5)
Неефективна комунікація	3	4
Втрата ключових фахівців	5	2
Невиконання термінів	4	3

Операційні ризики

Операційні ризики пов'язані з процесами транспортування, обробки та очищення відходів (таблиця 4.6.).

Таблиця 4.6.

Оцінка операційних ризиків

Ризикова подія	Сила впливу (1-5)	Керованість (1-5)
Проблеми з логістикою	4	3
Відмова системи обробки відходів	5	3
Недотримання стандартів безпеки	4	4

Проблеми з логістикою можуть призвести до затримок транспортування відходів до центрів обробки. Відмова системи очищення може викликати накопичення необроблених матеріалів. Недотримання стандартів безпеки може поставити під загрозу ефективність роботи пунктів прийому.

Зовнішні ризики

Зовнішні ризики є найменш контрольованими, оскільки вони залежать від чинників поза впливом команди проєкту.

Таблиця 4.7.

Оцінка зовнішніх ризиків

Ризикова подія	Сила впливу (1-5)	Керованість (1-5)
Зміна законодавства	5	2
Коливання ринкових умов	4	3
Нестабільність економічної ситуації	4	2

Зміна законодавства може вплинути на вимоги до утилізації відходів чи діяльності пунктів прийому. Коливання ринкових умов стосуються змін цін на вторинну сировину або інші ресурси. Нестабільність економічної ситуації може призвести до зростання витрат або скорочення доходів.

До одного з критичних зовнішніх ризиків можна віднести нестачу сировини для обробки. Діаграма Ісікави, також відома як причинно-наслідкова діаграма, представлена для аналізу проблеми нестачі сировини в системі прийому і обробки ПЕТ-форм і бляшанок (рис. 4.17.). Вона дозволяє структуровано представити основні причини, які впливають на цю проблему, та категоризувати їх за ключовими групами. У цьому контексті причини було розподілено на чотири основні категорії: економічні фактори, маркетинг і комунікації, постачальники та соціальні фактори.



Рис. 4.17. Причинно-наслідкова діаграма для ідентифікації ризиків проблеми 'Нестача сировини'

Економічні фактори охоплюють високі витрати на залучення клієнтів, які можуть стримувати їхню активність у процесі збору сировини. Наприклад, обмеження бюджету на інформаційні кампанії чи недостатня фінансова

мотивація клієнтів можуть знижувати ефективність системи. У свою чергу, маркетинг і комунікації є ключовим інструментом впливу на поведінку учасників системи, але їхня неефективність або відсутність цілеспрямованих заходів можуть призводити до низького залучення клієнтів. Відсутність інформаційних кампаній, які б акцентували увагу на екологічних перевагах та економічних вигодах від участі в системі, посилює проблему нестачі сировини.

Проблеми із постачальниками також є значним фактором, який впливає на нестачу сировини. Відсутність довгострокових контрактів або співпраці з ненадійними партнерами може спричинити нерегулярні поставки матеріалів. Це, у свою чергу, негативно впливає на стабільність системи. Крім того, соціальні фактори, зокрема низька екологічна свідомість населення, відіграють важливу роль. Відсутність достатніх стимулів для участі у процесах збору та переробки відходів, а також нерозвинена інфраструктура для сортування лише погіршують ситуацію. Наприклад, якщо мешканці не мають доступу до спеціальних контейнерів чи пунктів збору, вони менш схильні брати участь у процесі.

Діаграма Ісікави наочно демонструє взаємозв'язок між окремими причинами та їхнім впливом на проблему нестачі сировини. Це дозволяє виявити основні напрямки, які потребують удосконалення, та визначити заходи, що допоможуть мінімізувати цю проблему. Наприклад, для вирішення питань із соціальними факторами доцільно запровадити інформаційно-просвітницькі кампанії та програми стимулювання населення. Для мінімізації впливу економічних чинників можна передбачити субсидії або фінансові стимули для клієнтів.

Розробка заходів реагування

Для зниження негативного впливу і підвищення керованості ризиків у рамках проєкту передбачено комплекс заходів реагування. Для фінансових ризиків розроблено резервний фонд, який становить 5% від загального бюджету. Це дозволяє оперативно покривати непередбачені витрати, пов'язані з можливим перевищенням бюджету або коливанням цін на обладнання. Для уникнення нестачі фінансування передбачено залучення додаткових джерел інвестицій, а

також регулярний моніторинг грошових потоків і прогнозування фінансових потреб проекту.

Для технічних ризиків впроваджено автоматизований моніторинг роботи системи, що дозволяє швидко виявляти і виправляти помилки у програмному забезпеченні. Регулярне технічне обслуговування автоматизованих пунктів прийому і тестування всіх компонентів системи сприятимуть зниженню ймовірності несправностей. Крім того, ретельна перевірка сумісності компонентів перед їх інтеграцією допоможе уникнути технічних конфліктів.

Організаційні ризики потребують чіткого планування та управління командою. Для уникнення проблем із комунікацією буде запроваджено єдину платформу для обміну інформацією (наприклад Microsoft Teams, Slack, тощо) між членами команди. Це сприятиме прозорості та оперативності у прийнятті рішень. Крім того, складено план заміщення ключових фахівців у разі їхньої втрати, а також буде проводитись регулярне навчання команди для підтримання належного рівня кваліфікації. Для запобігання порушенням термінів виконання завдань впроваджено детальний графік роботи із проміжними віхами, що дозволяє вчасно виявляти відхилення та коригувати план.

Операційні ризики, пов'язані з логістикою та обробки відходів, мінімізуються за рахунок впровадження оптимізаційного алгоритму збору і перевезення сировини. Також передбачено закупівлю резервного обладнання для очищення, яке дозволить оперативно замінити несправні компоненти. Створення процедур дотримання стандартів безпеки забезпечує стабільну роботу пунктів прийому навіть у разі виникнення непередбачених ситуацій.

Зовнішні ризики, такі як зміна законодавства чи економічна нестабільність, є найменш керованими. Однак, для їх мінімізації передбачено регулярний моніторинг законодавчих змін із залученням юридичних експертів. У разі внесення нових вимог до утилізації відходів система буде адаптована до нових умов. Коливання ринкових умов і нестабільність економіки враховано через прогнозування сценаріїв розвитку та створення фінансового резерву.

Моніторинг ризиків здійснюватиметься на всіх етапах реалізації проєкту. Для цього передбачено регулярне оновлення матриці ризиків і створення звітів, які надаватимуться керівництву проєкту. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для управління ризиками дозволить автоматизувати процес моніторингу і своєчасно виявляти відхилення. Регулярні зустрічі команди з аналізу ризиків забезпечать їхню оперативну ідентифікацію та розробку необхідних заходів реагування.

Таким чином, системний підхід до управління ризиками дозволяє мінімізувати негативний вплив можливих подій, забезпечуючи стабільність і ефективність виконання проєкту. Реалізовані заходи реагування, адаптивний моніторинг і постійний аналіз ризиків сприяють успішному досягненню цілей проєкту, зокрема у межах бюджету та встановлених термінів.

ВИСНОВКИ

Сучасні підходи до управління проєктами, особливо в галузі ІТ, активно змінюються під впливом швидкого технологічного прогресу, який проникає у всі сфери діяльності та трансформує їх. Тенденції автоматизації, цифровізації та підвищення екологічної обізнаності стають не лише важливими для бізнесу, але й набувають значення для вирішення глобальних екологічних проблем. Дана магістерська робота спрямована на вдосконалення методів управління проєктами через дослідження можливостей автоматизації збору та переробки твердих побутових відходів, зокрема ПЕТ-форм та бляшанок. Актуальність теми визначається гостротою проблеми накопичення відходів в Україні, а також потребою у впровадженні інноваційних підходів для зменшення екологічного навантаження.

У дипломній роботі проведено комплексний аналіз та розроблено ефективну модель управління проєктом, яка враховує сучасні виклики в сфері екології, економіки та технологій. Основна увага приділена створенню інтегрованої системи, яка дозволяє оптимізувати процеси збору та переробки відходів через автоматизацію та залучення широкої аудиторії користувачів. Ця система має високий потенціал для впровадження в Україні, де проблема накопичення пластикових та металевих відходів є особливо гострою.

У роботі продемонстровано, що автоматизація збору і переробки відходів є стратегічно важливим напрямком для зниження екологічного навантаження та підвищення ефективності використання ресурсів. Аналіз сучасного стану поводження з твердими побутовими відходами в Україні виявив суттєві недоліки існуючих систем збору та переробки, які включають недостатню інфраструктуру, високі витрати на логістику та низький рівень екологічної обізнаності населення. Розроблений у дипломній роботі проєкт спрямований на подолання цих викликів через впровадження інноваційних підходів, таких як автоматизовані пункти прийому, оптимізаційні алгоритми логістики та мобільні додатки для залучення користувачів.

Важливим аспектом є інтеграція сучасних інформаційних технологій у процеси управління проектом. Зокрема, розробка веб-застосунка для адміністраторів та операторів системи забезпечує централізований моніторинг, управління та аналітику процесів збору та переробки відходів. Мобільний додаток для користувачів дозволяє зробити систему зручною і доступною для громадян, заохочуючи їх до участі через інформаційні та фінансові стимули. Це сприяє підвищенню екологічної свідомості населення, що є важливим чинником для успішної реалізації проекту.

Особлива увага в роботі приділена управлінським аспектам. Використання методології Agile з елементами Scrum забезпечило ефективний ітеративний підхід до розробки проекту, дозволяючи адаптуватися до змін і своєчасно реагувати на нові виклики. Такий підхід є надзвичайно актуальним для складних багатокомпонентних систем, що потребують високої гнучкості та координації між різними учасниками процесу. Управління ризиками, включаючи їх ідентифікацію, оцінку та розробку заходів щодо мінімізації їх впливу, сприяло зниженню невизначеності та забезпеченню стійкості проекту.

Економічна ефективність проекту підтверджена через розрахунки ключових фінансових показників, таких як чиста приведена вартість (NPV), індекс рентабельності (PI) та термін окупності (PBP). Оптимізація логістики та використання математичного моделювання для розрахунку оптимальних маршрутів дозволяють значно зменшити витрати на транспортування і водночас забезпечити рівномірний розподіл навантаження між пунктами прийому і переробки. Це підвищує загальну економічну ефективність системи та робить її привабливою для інвесторів і зацікавлених сторін.

Робота демонструє, що успішна реалізація проекту потребує комплексного підходу, який поєднує технічні інновації, сучасні методології управління та активну участь громадян у системі. Інтеграція автоматизованих пунктів прийому, мобільного додатку та веб-порталу створює цілісну екосистему для збору та переробки відходів, яка сприяє зниженню екологічного навантаження та впровадженню сталих практик в Україні.

На завершення слід зазначити, що проєкт має значний потенціал для масштабування та адаптації в різних регіонах України. Його впровадження сприятиме не лише вирішенню екологічних проблем, а й формуванню екологічно свідомого суспільства, готового до активної участі у процесах переробки відходів. Відтак, розроблена система є перспективним інструментом для досягнення сталого розвитку в галузі управління відходами.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Smith, J., & Taylor, K. Recycling PET Plastics: Current Trends and Future Challenges. *Journal of Material Sciences*, 2020, 35(8), pp. 1234–1242.
2. Кузьменко, А. О. Переробка металевих бляшанок: можливості для економіки замкненого циклу. *Металургія та екологія*, 2019, №4, с. 67–73.
3. European Environment Agency. Recycling Rates for Municipal Waste in EU Countries. Accessed December 2024 — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.eea.europa.eu>.
4. World Economic Forum. The Role of Aluminum in the Circular Economy. Report 2022 — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.weforum.org>.
5. Lacy, P., & Rutqvist, J. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan, 2015.
6. Інтерв'ю Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України Руслана Стрільця для видання Delo.ua — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/interviu-ministra-zakhystu-dovkillia-ta-pryrodnykh-resursiv-ukrainy-ruslana-striltsia-vydanniu-deloua>
7. Сортуй – екологічний онлайн-ресурс — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://sortui.org.ua/>
8. EcoLabel Intern / Google Play — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ecounion.EcoLabelIntern>
9. Junker: Recycling is Easy in Italy — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://junker.app/recycling-is-easy-in-italy-just-a-blip-away-with-junker/>
10. Ecolag Global: About Us — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ecolaglobal.com/about-us>
11. NoWaste: Projects — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nowaste.com.ua/projects/>
12. Recycle App — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://recycle-app.com/>

13. Project Management Methodologies: What You Need to Know — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://graduate.northeastern.edu/resources/project-management-methodologies/>
14. Choose Your Project Management Methodology | Project Management Guide — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wrike.com/project-management-guide/methodologies/>
15. Аналіз PESTEL - що це таке, визначення та поняття | Словник 2024 — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.economy-pedia.com/11039582-pestel-analysis>
16. Derevo Problem Rishen – Hromada — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://hromada.canactions.com/derevo-problem-rishen/>
17. «Дерево цілей» підприємства - Бібліотека BukLib.net — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://buklib.net/books/25617/>
18. Підручник: Екологічні аспекти управління відходами / Електронна бібліотека ЛНТУ — [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%93%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA/page6.html
19. Фінансовий менеджмент: лекція 6 / Львівський національний університет — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/09/ME-lektsiia-6.pdf>
20. Optimization Modeling in Python: PuLP, Gurobi, and CPLEX — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://medium.com/@m.moarefdoost/optimization-modeling-in-python-pulp-gurobi-and-cplex-7f25acb03d7d>
21. ISO 21511: Standard for Project Management / PMDoc — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pmdoc.ua/iso/iso21511/>
22. Conceptual Database Modeling 101: A Complete Guide, Simplified — [Електронний ресурс].

23. Клієнт-серверна архітектура та ролі серверів — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://medium.com/@IvanZmerzlyi/клієнт-серверна-архітектура-та-ролі-серверів-9893d8048229>
24. Firebase Authentication for iOS — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://firebase.google.com/docs/auth/ios/google-signin>
25. What is RESTful API? | AWS — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://aws.amazon.com/what-is/restful-api/>
26. Flutter for Cross-Platform App Development | Netguru — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.netguru.com/blog/flutter-for-cross-platform-app-development>
27. Mapbox Maps for Ready Mobile Apps | Yalantis — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://yalantis.com/blog/mapbox-maps-ready-mobile-apps/>
28. Why We Use React.js in Development | TechMagic — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.techmagic.co/blog/why-we-use-react-js-in-the-development>
29. GetBootstrap Documentation — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://getbootstrap.com/>
30. What is PostgreSQL? | AWS — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://aws.amazon.com/rds/postgresql/what-is-postgresql/>
31. RACI Chart: A Guide to Project Management / Atlassian — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.atlassian.com/work-management/project-management/raci-chart>.
32. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling / Kerzner, H. — Wiley, 2017. — 880 p.
33. Що таке чиста поточна вартість (NPV)? — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://finances.in.ua/shcho-take-chysta-potochna-vartist-npv/>.
34. Рентабельність: що це таке? — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.nesrakonk.ru/profitability/>.

35. Ресурс на Moodle ЗНУ. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛЬНИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ — [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=183632>
36. Інвестиційне планування: стаття з журналу "InvestPlan" — [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2013/11.pdf

Таблиця. Аналіз впливу зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Потреба	Вплив результатів проєкту на ЗС	Вплив зацікавленої сторони на проєкт
Міська влада	Зменшення обсягів відходів, покращення екологічної ситуації	Покращення екологічної ситуації в місті, зменшення навантаження на інфраструктуру	Затвердження та підтримка проєкту, можливе фінансування
Переробні підприємства	Отримання сировини для переробки з мінімальними витратами	Стабільний потік сировини для переробки, зниження витрат на її отримання	Сприяння інтеграції з переробною інфраструктурою
Громадяни (користувачі системи)	Зручна система для утилізації відходів, збереження довкілля	Можливість легко утилізувати відходи, чистіше довкілля	Підвищення попиту на систему, зворотний зв'язок
Інвестори	Отримання прибутку від інвестицій у проєкт	Досягнення фінансових цілей, повернення інвестицій	Фінансова підтримка та стратегічний вплив на проєкт
Екологічні організації	Покращення екологічної ситуації,	Зниження рівня забруднення, досягнення екологічних цілей	Підтримка в просуванні екологічних ініціатив,

	зниження забруднення		інформаційна допомога
Розробники та технічна команда	Успішна реалізація та впровадження проекту	Зростання репутації, фінансові вигоди та новий досвід	Розробка, тестування та технічне обслуговування системи

Таблиця. Життєвий цикл проекту

Етап життєвого циклу	Цілі та задачі	Основні роботи
Ініціація	<ul style="list-style-type: none"> - Визначення основних цілей та задач проекту - Ідентифікація стейкхолдерів - Попередня оцінка бюджету та строків 	<ul style="list-style-type: none"> - Формування ідеї проекту - Розробка концептуального документа (проектної пропозиції) - Затвердження концепції проекту
Планування	<ul style="list-style-type: none"> - Створення детального плану реалізації проекту - Визначення ресурсів, строків та бюджету - Оцінка ризиків 	<ul style="list-style-type: none"> - Розробка технічного завдання - Деталізація етапів та задач проекту - Формування бюджету та графіка виконання робіт - Розробка плану управління ризиками
Виконання	<ul style="list-style-type: none"> - Реалізація задач, визначених на етапі планування - Досягнення цілей проекту 	<ul style="list-style-type: none"> - Закупівля та установка обладнання - Розробка та тестування програмного забезпечення - Інтеграція обладнання та ПЗ - Навчання персоналу

		- Пілотне впровадження системи
Моніторинг і контроль	<ul style="list-style-type: none"> - Забезпечення виконання проекту відповідно до плану - Коригування дій за необхідності 	<ul style="list-style-type: none"> - Постійний моніторинг прогресу проекту - Контроль за витратами та строками - Вирішення поточних проблем та коригування плану - Оцінка якості виконання робіт
Завершення	<ul style="list-style-type: none"> - Офіційне завершення робіт по проекту - Передача результатів замовнику 	<ul style="list-style-type: none"> - Фінальна оцінка результатів проекту - Приймання системи в експлуатацію - Підготовка підсумкової документації - Проведення фінального аналізу та звітування - Закриття проекту

Рисунок. WBS по процесам

