

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

*«Допущено до захисту»*  
Гарант ОПП

Павло САГАЙДА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

**на тему «Дослідження методів, моделей та інформаційних  
технологій для оптимізації розподілу запасних частин на  
підприємствах гірничої промисловості»**

Керівник роботи

Ірина ГЕТЬМАН

Консультант від  
бази практики

Олег КОСТЕНОК

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Іван ПУГАЧОВ

<i>Підсумкова оцінка за атестацію</i>			
---------------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Олена ПАВЛЕНКО

КРИВИЙ РІГ 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра	цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
ОПП	Комп'ютерні науки та цифровий інтелект

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Павло САГАЙДА

«06» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Пугачову Івану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості  
керівник роботи Гетьман Ірина Анатоліївна, доцент, канд. техн. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматизації обробки й аналізу даних та методів цифрового інтелекту, літературні джерела, результати власних експериментів та досліджень, технологічні інструкції тощо.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Зміст. Вступ. 1. Аналіз стану питання, предметної області, концепцій з проблеми, що розглядається (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Розробка математичної моделі об'єкта (предметної області) та методики дослідження. 3. Розробка програмно-методичного комплексу для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. 4. Проведення та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень за індивідуальним завданням. 5. Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Актуальність, мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження; розроблені або удосконалені математичні моделі, методика дослідження; діаграми проекту програмно-методичного комплексу в нотації UML (діаграми прецедентів, класів, послідовностей, діяльності); результати розробки та експериментальних

досліджень: результати економічних розрахунків; висновки до роботи; публікація результатів дослідження.6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР
2	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР
3	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР
4	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР
5	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз стану питання, концепцій з проблеми, що розглядається	25.12.2023 - 30.12.2023
2	Розділ 2. Розробка математичної моделі об'єкта (предметної області) та методики дослідження	25.12.2023 - 30.12.2023
3	Розділ 3. Розробка програмно-методичного комплексу для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	25.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Проведення та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень за індивідуальним завданням	03.01.2024 - 07.01.2024
5	Розділ 5. Економічні розрахунки	03.01.2024 - 07.01.2024
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	17.01.2024 – 19.01.2024
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	19.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

(Іван ПУГАЧОВ)

Керівник роботи

(Ірина ГЕТЬМАН)

## РЕФЕРАТ

Робота містить 92 стор., 35 рис., 27 табл., 39 джерел.

Метою дипломної роботи є покращення розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості за рахунок оптимізації методом динамічного програмування.

Об'єктом дослідження є процес оптимізації розподілу запасних частин.

Предмет дослідження: удосконалення процесу розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості за рахунок його оптимізації методом динамічного програмування.

Проведено аналіз методів розподілу запасних частин. Приведено аналіз розподілу автозапчастин на підприємстві гірничої промисловості. У ході аналізу виявлені фактори, що впливають на ефективність роботи підприємств з різною структурою. Зроблено аналіз існуючого програмного забезпечення для розподілу запасних частин між підрозділами підприємства гірничої промисловості.

Розроблено програмне забезпечення для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. Програмне забезпечення виконує оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.

Проведені дослідження показали, що для отримання максимального ефекту необхідно виділити підрозділу СТО №3 зимньої гуми R13, що складає 50% від всієї кількості виділеної запасної частини, інші підрозділи дають менший ефект. При розподілі моторного мастила Motul 4100 Turbolight 10W-40 максимальний ефект досягається при виділенні 100 літрів СТО №2, інші підрозділи дають менший ефект.

## SUMMARY

The paper comprises 92 pages, 35 figures, 27 tables, and 39 references.

The aim of the thesis is to improve the distribution of spare parts in mining industry enterprises through optimization using the dynamic programming method. The research object is the process of optimizing the distribution of spare parts.

The research subject is the improvement of the spare parts distribution process in mining industry enterprises through its optimization using the dynamic programming method.

An analysis of spare parts distribution methods has been conducted.

An analysis of the distribution of auto parts in a mining industry enterprise is provided. Factors influencing the efficiency of enterprises with different structures have been identified during the analysis. An analysis of existing software for the distribution of spare parts among the departments of a mining industry enterprise has been conducted.

Software has been developed for optimizing the distribution of spare parts in mining industry enterprises. The software performs optimization of spare parts distribution in mining industry enterprises.

The conducted research showed that to achieve maximum efficiency, it is necessary to allocate 50% of the allocated spare parts to the workshop No. 3 for winter tires R13; other departments yield lesser effects. In the distribution of Motul 4100 Turbolight 10W-40 motor oil, the maximum effect is achieved by allocating 100 liters to the workshop No. 2; other departments yield lesser effects.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	8
1.1 Аналіз та методи визначення потреби у запасних частинах на підприємствах гірничої промисловості.....	8
1.2 Аналіз існуючого сервісу, що потребує оптимізації розподілу запчастин.....	8
1.3 Аналіз сучасного парку автомобілів, що обслуговуються....	13
1.4 Розробка методики дослідження.....	15
1.5 Розрахунки потреби у запасних частинах з використанням математичних моделей.....	15
1.6 Побудова математичної моделі прогнозування витрати запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	20
1.7 Висновки по першому розділу.....	26
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН МІЖ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІДПРИЄМСТВА ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	27
2.1 Оптимізація розподілу запасних частин між підрозділами підприємства гірничої промисловості методом динамічного програмування.....	27
2.2 Методика дослідження розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	30
2.3 Висновки по другому розділу.....	30
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	31
3.1 Глосарій предметної області «Розподіл запасних частин».....	31
3.2 Розробка логічної моделі програмного комплексу за допомогою UML діаграм.....	32
3.2.1 Розробка діаграми діяльності ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	32
3.2.2 Розробка діаграми прецедентів ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	34
3.2.3 Розробка діаграми класів предметної області «Розподіл запасних частин».....	36
3.2.4 Розробка діаграми послідовності дій основного прецеденту «Виконати розподіл запасних частин».....	37

3.3 Розробка діаграм розгортання та компонентів ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	39
3.4 Розробка структури даних для збереження інформації ПК оптимізації розподілу автозапчастин.....	41
3.5 Висновки по розділу.....	44
<b>РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....</b>	<b>46</b>
4.1 Опис складу компонентів ПК для оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	46
4.2 Опис роботи основних компонентів ПК для оптимального розподілу запасних частин.....	48
4.2.1 Керування списком підрозділів.....	48
4.2.2 Керування списком запасних частин.....	50
4.2.3 Керування списком замовлень.....	52
4.2.4 Розподіл запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	53
4.3 Рекомендації користувачу ПК для оптимізації розподілу запасних частин.....	55
4.4 Дослідження розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.....	59
4.5 Висновки по четвертому розділу.....	61
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІКА.....</b>	<b>62</b>
5.1 Економічні розрахунки.....	62
5.1.1 Розробка бізнес-плану проекту «Розробка програмного продукту для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості». Загальний опис ідеї бізнес плану проекту.....	62
5.1.2 Створення бізнес-плану проекту «Розробка програмного продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості».....	65
5.2 Висновки до розділу «Економічні розрахунки».....	73
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>75</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>76</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>81</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>83</b>

## ВСТУП

Актуальність теми дослідження

Дослідження способів та автоматизованих систем розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості є актуальним завданням у зв'язку з його стратегічним значенням для ефективності функціонування підприємств даної галузі. Розподіл запасних частин впливає на неперервність виробничих процесів, уникнення простоїв, та максимізацію прибутку.

На сучасному етапі розвитку гірничої промисловості виникають проблеми використання існуючих систем розподілу запасних частин. Обмежені реалізації програмного забезпечення та неспроможність використання існуючих систем через їхню несумісність зі структурою та особливостями гірничих підприємств роблять тему особливо актуальною.

В контексті дослідження оптимізації розподілу запасних частин, використання методів нелінійного, лінійного, цілісного, динамічного, стохастичного, дискретного та евристичного програмування представляє широкі можливості. Зокрема, динамічне програмування обрано як ефективний метод для розв'язання багатоетапних задач.

Розробка програмного забезпечення для оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості методом динамічного програмування є практично обґрунтованою і відповідає викликам галузі. Такий підхід дозволяє ефективно управляти складними багатоетапними процесами, забезпечуючи оптимальний розподіл ресурсів.

Отже, враховуючи невирішені проблеми в галузі та потребу в оптимізації розподілу запасних частин, тема роботи є актуальною та важливою для подальших досліджень.

Мета роботи: покращення розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості за рахунок оптимізації методом динамічного програмування.

Задачами роботи є:

- аналіз способів розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- побудова моделі оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- розробка програмного забезпечення для оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- реалізація проекту програмного комплексу (ПК) для оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- дослідження методу динамічного програмування для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- аналіз результатів розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості, що впливають на отримання максимального прибутку.

Об'єкт дослідження: процес оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.

Предмет дослідження: удосконалення процесу розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості за рахунок його оптимізації методом динамічного програмування.

Практична цінність.

Практична цінність проведених досліджень полягає в тому, що були розроблені і реалізовані методи і технології для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

### 1.1 Аналіз та методи визначення потреби у запасних частинах на підприємствах гірничої промисловості

Зростаюча кількість автомобілів у використанні покладає підвищені вимоги на функціонування та розвиток галузі послуг із ремонту та технічного обслуговування автотранспортних засобів. Навіть при належності цих послуг до різних галузевих груп згідно з класифікатором, вони спрямовані на задоволення потреб, пов'язаних із забезпеченням нормального технічного стану та експлуатаційних характеристик автотранспортних засобів.

Вирішення проблеми оптимізації формування процесів забезпечення запасними частинами вимагає комплексного підходу, який включає в себе дослідження системи, аналіз її поведінки, формалізований опис діяльності, оцінку можливих недоліків у функціонуванні та розробку шляхів для їх усунення.

### 1.2 Аналіз існуючого сервісу, що потребує оптимізації розподілу запчастин

На даному етапі дослідження проведено обширний аналіз існуючого сервісу з розподілу запчастин в компанії ПРАТ "ІНГЗК". Зокрема, були докладно проаналізовані процеси замовлення, постачання та розподілу

запасних частин, що використовуються для ремонту та обслуговування автотранспортних засобів.

У розпорядженні автоцеху знаходиться повний набір спеціалізованого обладнання, пристроїв та інструментів, які забезпечують технічне обслуговування.

Автосервіс ПРАТ "ІНГЗК" взагалі отримав високу ефективність в оцінці завдяки наступним чинникам:

- Використання сучасного технічного обладнання.
- Забезпечення високої якості надання послуг.
- Надання широкого спектру комплексних ремонтних сервісів.

Проте відсутність чіткої методики для прогнозування витрат на запасні частини ускладнює максимально ефективне використання потенціалу. Впровадження системи прогнозування витрат на запасні частини може значно покращити продуктивність системи, дозволяючи прогнозувати потребу в запасних частинах за короткий час і наближено до реального життя. Це не лише допоможе зменшити збитки від тривалого простою невикористаних запасних частин на складі, але й уникнути надмірної витрати грошових коштів на постійне постачання необхідних запчастин у випадку їхньої відсутності на складі. Впровадження такої системи сприятиме значному скороченню часу, потрібного для розрахунку потреби в запчастинах, і мінімізації помилок у розрахунках.

Вирішення вказаних завдань визначається двома основними аспектами: оптимальним часом для здійснення замовлення та оптимальною кількістю деталей для замовлення. Критерієм управління запасами є мінімізація сумарних витрат, функцію якої можна узагальнити наступним чином:

$$C=f(C_x;C_z;z;t_n;n;Q;T;C_i;K;q), \quad (1.1)$$

де  $C_x$  – витрати на зберігання товарів за період  $T$ ;

$C_i$  – витрати на зберігання однієї одиниці товару;  $z$  – величина середнього запасу;

$q$  – розмір однієї партії постачання товару;

$Q$  – товарообіг за аналізований період;

$T$  – тривалість періоду;

$C_3$  – витрати на транспортування;

$K$  – витрати на завезення однієї партії товару;

$t_n$  – інтервал;

$n$  – кількість постачання.

Цільова функція представлена у вигляді рівняння зв'язку витрат обороту:

$$C = C_2 + C_3 \rightarrow \min$$

Для пошуку мінімуму цієї функції необхідно знайти її першу похідну і прирівняти до нуля:

$$\frac{C_i T}{2} - \frac{KQ}{q^2} = 0, \text{ отже } q^0 = \sqrt{\frac{2KQ}{C_i \cdot T}} \quad (1.2)$$

де  $q^0$  - оптимальний розмір замовлення.

На практиці оптимальний розмір замовлення може бути меншим, ніж передбачена прогнозована потреба у запасних частинах. Рішення щодо розміру замовлення залежить від обраної стратегії управління запасами. У випадку, коли підприємство спрямоване на мінімізацію витрат, розмір замовлення визначається значенням  $q^0$ . У випадку, коли стратегія орієнтована на отримання максимального прибутку, розмір замовлення формується на основі прогнозованої потреби у запасних частинах.

Важливо відзначити, що наведені залежності застосовуються практично при формуванні замовлень для поповнення складу, при врахуванні товарообігу та всіх видів витрат. Проте великі автосервіси можуть створювати й інші види замовлень у процесі роботи, і обсяг

номенклатури цих замовлень повинен бути врахований при формуванні замовлень для поповнення складу.

Отже, остаточний обсяг замовлення для поповнення складу дорівнює:

$$q=q^0-q_3, \quad (1.3)$$

де  $q_3$  –обсяг деталей на замовлення іншого статусу, які можуть бути у стадії виконання.

Якщо не враховувати величину  $q_3$  при складанні замовлення на поповнення складу, можна зіткнутися з появою наднормативних запасів.

На підприємстві гірничої промисловості існує система управління роботами, згідно з якою інженер-майстер може відкривати замовлення на роботи, зокрема, на заміну однакових деталей на автомобілях однієї марки. У цьому контексті відкриті замовлення, або наряди, призначені на роботи знаходяться в кількості 20 одиниць. Припускається, що ці роботи будуть виконані протягом двох місяців.

Майстер, відкриваючи замовлення, робить резерв запасних частин та матеріалів, які необхідні для виконання робіт. Це робиться з метою уникнення проблем з відсутністю необхідних деталей до початку ремонтних робіт. У випадку відсутності конкретної деталі майстер складає заявку для відділу запасних частин, щоб забезпечити негайне отримання необхідної комплектації для ремонту.

В результаті, принаймні 20 деталей з цього замовлення будуть зарезервовані або включені в замовлення, з урахуванням того, що виконання термінового замовлення передбачає терміни від 2 днів до 1 місяця. У зв'язку з описаною ситуацією на складі виникають значні обсяги деталей, які можуть очікувати на місяць.

На практиці це питання вирішується шляхом "заморожування" сервісних замовлень та резервування певної кількості деталей. Іншими

словами, фахівець, відповідальний за замовлення запасних частин, при складанні замовлення аналізує запити сервісу. Якщо відрізок часу від моменту подання заявки до постановки автомобіля на ремонт значно перевищує терміни поставки деталей, то він "заморожує" замовлення, що означає відкладання відправлення замовлення. Термін понад 7 днів вважається значним перевищенням. Створення резервів та "заморожування" замовлень є важливою рисою управління запасами на підприємстві гірничої промисловості.

На рисунку 1.1 процес заморожування замовлень представлений у вигляді блок-схеми.

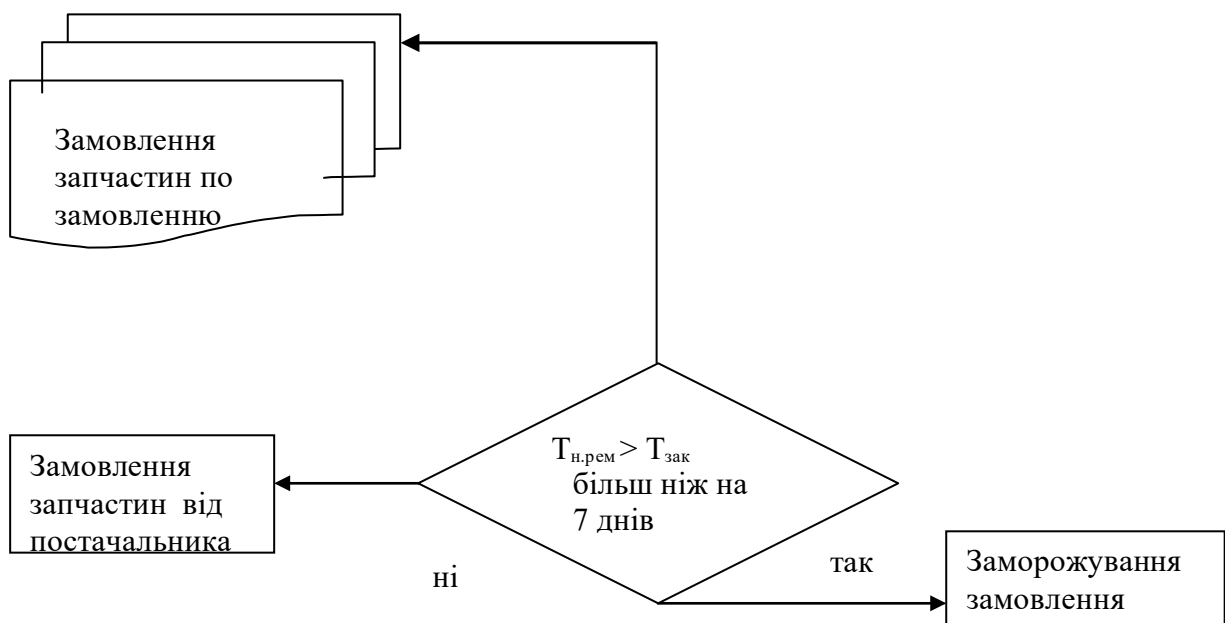


Рисунок 1.1 – Блок-схема заморожування замовлень

де  $T_{н.рем}$  - час початку ремонту автомобіля;

$T_{зак}$  - час доставки замовлення.

На рисунку 1.1 у загальному вигляді запас деталей на складі на прогнозований момент часу можна виразити балансовою формулою:

$$Z_i = Z_H - Q + П, \quad (1.4)$$

де Q - Обсяг запасних частин за аналізований період;

П - надходження товару;

$Z_H$  – запас початку періоду.

З урахуванням наявності зарезервованої кількості деталей, які не витрачені, запас на початок прогнозованого періоду  $Z_H$  дорівнюватиме:

$$Z = Z_c + Z_p, \quad (1.5)$$

де  $Z_c$  – кількість деталей у доступі на складі,  $Z_p$  – кількість зарезервованих деталей.

### 1.3 Аналіз сучасного парку автомобілів, що обслуговуються

У дослідженні взаємозв'язку між потребою в запасних частинах та потужністю СТО використовувалася формула, де  $A_{in}$  позначає кількість автомобілів, запланованих для ремонту. Для визначення цієї кількості автомобілів не існувало конкретної методології. Передбачена кількість ремонтів прогнозувалася на основі статистики попередніх років роботи підприємства та загальної тенденції до зростання кількості ремонтів.

Проте при складанні такого прогнозу можуть виникати суперечності, оскільки може виникнути ситуація, коли прогнозована кількість ремонтів перевищує наявні ремонтні потужності. Важливо враховувати реальні можливості самого СТО, оскільки в іншому випадку прогнози можуть бути непропорційними реальним умовам.

Оцінна вартість автомобіля переважно визначається роком випуску та його технічним станом, причому пробіг вважається менш важливим фактором. Проте, пробіг може впливати на проведення технічного обслуговування та заміну запасних частин, регламентовану виробником в

залежності від кількості пройдених кілометрів. Варто відзначити, що в сучасних умовах річні пробіги автомобілів значно зменшились порівняно із минулими роками.

Питання угруповання автомобілів за віком та пробігом має важливе значення через зростання витрат на запасні частини та зміну номенклатури деталей зі збільшенням віку та пробігу. Разом з цим, із збільшенням віку автомобілів збільшуються обсяги технічного обслуговування, особливо у офіційних дилерів.

Також важливо відзначити, що гарантійний термін експлуатації автомобіля Volkswagen, придбаного у офіційного дилера, становить 3 роки або 100 тис. км пробігу. Заміна гальмівних колодок, ламп освітлення, щіток склоочисника та інших деталей проводиться за рахунок компанії, оскільки заводська гарантія на них не поширюється. Такі додаткові витрати на запчастини та їх заміну можуть збільшувати загальні витрати на технічне обслуговування на 3-5%.

Надійність конкретної марки автомобіля часто визначається статистичними даними автомобільного ринку Євросоюзу. Наприклад, за даними TUV у 2023 році було перевірено понад 7,5 млн. машин, і рейтинг надійності автомобілів формується на основі виявлених дефектів на 1000 автомобілів. За цими статистичними даними, десятка найпопулярніших марок автомобілів у період експлуатації 4-5 років включає такі моделі, як Toyota Prius, Mazda 2, Toyota Auris, Toyota Corolla Verso, Smart, Mercedes C-Class, Porsche Cayenne, Porsche Boxster, Porsche 911, та Volkswagen Golf Plus.

Ефективне прогнозування потреб у запасних частинах також визначається високими темпами зростання продажів нових автомобілів.

#### 1.4 Розробка методики дослідження

На початковому етапі досліджень проводиться аналіз попередніх робіт у галузі визначення потреби у запасних частинах на підприємствах гірничої промисловості. На етапі теоретичних досліджень відбувається розробка класифікації факторів, які впливають на потребу у запасних частинах, а також вибір математичного апарату для прогнозування цих потреб.

Етап експериментальних досліджень включає аналіз особливостей функціонування підприємства гірничої промисловості, яке є об'єктом дослідження. Також проводиться збір та обробка експериментальних даних. На цьому етапі обираються прикладні комп'ютерні програми для прогнозування потреби у запасних частинах, і розробляються моделі прогнозування.

Розроблена методика, яка базується на використанні методів математичного моделювання, призначена для підвищення ефективності управління запасами на підприємствах автосервісу. Це досягається шляхом зменшення часу простою автомобілів, які очікують на ремонт.

#### 1.5 Розрахунки потреби у запасних частинах з використанням математичних моделей

Прогнозування потреби у запасних частинах може бути здійснене лише при використанні детально вивченої інформації щодо динаміки витрат запасних частин підприємством, враховуючи можливі зміни найбільш впливових факторів. Для отримання цієї інформації

використовується експертне опитування фахівців, відповідальних за забезпечення підприємства запасними частинами.

Для оцінки ступеня впливу факторів на потребу в запасних частинах розроблена анкета, в якій експертам пропонувалося оцінювати вплив 33 факторів. Ці фактори розділені на 7 груп:

- керування;
- парк автомобілів, що обслуговуються;
- умови експлуатації;
- персонал;
- організація технічного обслуговування та ремонту;
- виробничо-технічна база;
- організація матеріально-технічного забезпечення

На анкетне запитання відповіли 12 спеціалістів відділу, які відповідають за забезпечення запасними частинами на підприємстві гірничої промисловості. Кожному учаснику опитування пропонувалося оцінити значення факторів впливу за п'ятибальною шкалою, де чинник, що має найбільший вплив, оцінювався в 5 балів, а найменш значущий - в 1 бал.

З отриманих оцінок було складено матрицю відповідей учасників анкетування:

$$\begin{array}{cccccc}
 X_{1,1} & X_{1,2} & X_{1,3} & \dots & X_{1,33} & \\
 X_{2,1} & X_{2,2} & X_{2,3} & \dots & X_{2,33} & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 X_{12,1} & X_{12,2} & X_{12,3} & & X_{12,33} & 
 \end{array} \quad (1.5)$$

де  $x_{ij}$  - оцінка фактора, який розглядається (від 1 до 5);

$i = 1 \dots 12$  – номер анкети;

$j = 1 \dots 33$  – номер фактора впливу.

Для безпосередньої оцінки ступеня впливу кожного з факторів підраховується коефіцієнт відносної значущості кожного фактора  $x_y$  окремо для кожного учасника опитування:

$$x_y = \frac{x_e}{\sum_{i=1}^{12} x_i}, \quad (1.6)$$

Обчисливши цей коефіцієнт для кожного учасника опитування, розраховуємо відносну значущість кожного фактора за оцінками учасників опитування:

$$x_j = \frac{\sum_{i=1}^{33} x_i}{12}, \quad (1.7)$$

де  $x_j$  - коефіцієнт відносної значущості  $j$ -го фактора

В таблиці 1.1 показано значимість факторів, що впливають на витрату запасних частин [19].

Таблиця 1.1 - Значимість факторів, що впливають на витрату запасних частин

Чинники	Групи	Місце в ранговому ряді	Коефіцієнти значимості
Структура парку за віком	2	1	0,0511
Інтенсивність експлуатації	3	2	0,0507
Методика розрахунків потреби у запасних частинах	7	3	0,0487
Транспортні, дорожні та природно-кліматичні умови експлуатації	3	4	0,0467
Структура парку з пробігу з початку експлуатації	2	5	0,045

Продовження таблиці 1.1

Потужність СТО	6	6	0,0446
Ціни на запасні частини та послуги	1	8	0,0431
Якість запасних частин та матеріалів	7	9	0,043
Модельний ряд	2	11	0,0419
Швидкість постачання запасних частин	1	13	0,0411
Надійність	2	14	0,0405
Кількість автомобілів в експлуатації	1	15	0,0387
Спеціалізація СТО	6	16	0,0356
Оптимальний розмір запасу	7	17	0,0350
Методи поповнення запасу	7	18	0,0347

Внаслідок опитування виявлено, що найбільший вплив на потребу у запасних частинах мають такі фактори: структура парку за віком та структура парку за пробігом автомобілів з моменту їх введення в експлуатацію. Ці фактори відносяться до групи «Парк обслуговуваних автомобілів». Приблизно 85% респондентів вважають, що саме ці фактори мають найбільший вплив на потребу у запасних частинах.

Інтенсивність експлуатації, транспортні, дорожні та природно-кліматичні умови експлуатації, що входять до групи "Умови експлуатації", визнаються більш важливими для визначення потреби в запасних частинах, на думку 55% фахівців.

Чинники, пов'язані з організацією матеріально-технічного забезпечення підприємства, отримали високий рівень впливу на потребу в запасних частинах, погоджений 67% експертами.

Складність конструкції автомобіля, втрати через недосвідченість, уніфікацію та кількість рекламаций, за висловами фахівців, менше впливають на потребу в запасних частинах.

Серед факторів, які відзначено експертами як маючі незначний вплив, входить оптимальне використання складських приміщень.

Відповідно до висновків експертів, значний вплив на потребу у запасних частинах мають такі фактори:

1. Можливість продовження терміну служби або відновлення зношених запасних частин.
2. Популярність даної марки автомобіля.
3. Репутація підприємства.

Ці фактори є важливими для подальших досліджень. Для ефективного аналізу витрат запасних частин рекомендується їхню номенклатуру поділити на групи відповідно до належності до агрегатів та систем автомобіля. Зручно використовувати заводське групування запасних частин за каталогом виробника, яке включає чотири основні групи: двигун, трансмісія, підвіска, ходова частина, механізми керування, кузов, електроустаткування.

Для проведення цього дослідження були вибрані запасні частини, що відносяться до групи від 1 до 3. При виборі номенклатури деталей надавалася перевага тим, які не обов'язково підлягають заміні під час технічного обслуговування.

Зношення деталей цих груп залежить від пробігу транспортного засобу та умов експлуатації. Також важливо, щоб ці деталі входили до групи А (деталі високого попиту) або В (деталі середнього попиту). Зазначено, що деякі запасні частини можуть підлягати заміні каталожного номера через зміну конструкції, властивостей, матеріалу або виробника запасних частин.

## 1.6 Побудова математичної моделі прогнозування витрати запасних частин на підприємстві гірничої промисловості

Щоб зробити однозначний висновок про те, яку модель використовувати під час прогнозування, ми збудуємо модель витрат на рульові тяги, використовуючи багатофакторну регресійну модель прогнозування.

Для побудови цієї моделі ми використовуватимемо кореляційно-регресійний аналіз та програму Regre 2.81. У цьому контексті ми розглянемо раніше визначені фактори, які впливають на потребу в запасних частинах.

Таблиця 1.2 складена на підставі виконаного ранжирування факторів, а також наявності інформації про зміну перерахованих вище факторів.

Таблиця 1.2 – Чинники які впливають на витрати

Номер фактора	Чинники	Одиниця виміру
1	Фактична витрата запасних частин у попередньому році	шт.
2	Середній пробіг автомобілів, що обслуговуються	тис. км
3	Сезонність експлуатації (середньорічна температура)	°C
4	Середній вік автомобілів, що обслуговуються	років
5	Виробництво (продаж) нових автомобілів	шт.
6	Число заїздів автомобілів на станцію	шт.
7	Залишок деталей на складі	шт.
8	Кількість вихідних та святкових днів	дні

На підприємстві збережено інформацію про 8 факторів, які були визначені фахівцями під час проведення анкетного опитування. Кількість цих факторів може відрізнятися для кожного конкретного підприємства

залежно від його особливостей та умов функціонування. Витрата запасних частин в цьому випадку служить результативним показником, оскільки його прогнозне значення відображає потребу в запасних частинах.

У випадку рівняння регресії для прогнозування потреби у запасних частинах виглядає так:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6 + a_7 X_7, \quad (1.8)$$

де змінні  $X_1 \dots X_n$  є факторними ознаками.

Результати спостережень протягом 2023 року роботи підприємства наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Результати спостережень протягом 2023 року роботи підприємства ПРАТ «ІНГЗК»

Місяць	Витрата запчастин	Пробіг	Кількість заїздів на СТО	Середній вік автомобіля	Сезонність експлуатації	Залишок на складі	Продаж нових автомобілів	Кількість вихідних та святкових днів
1	17	55	85	4	-10	32	115	11
2	24	65	105	4,5	-9	43	110	8
3	16	52	81	5	4	35	124	11
4	14	50	92	4,5	4	52	141	10
5	21	60	98	5,5	12	40	154	12
6	12	48	85	5	16	51	142	10
7	11	50	96	3,5	18	38	115	8
8	13	42	82	3,5	16	36	134	10
9	21	61	95	5	10	45	172	8
10	29	69	102	6	4	64	194	8
11	26	60	97	4,5	-2	38	185	11
12	23	64	101	5	-8	62	166	9

На першому етапі роботи в побудовану таблицю вводиться число результативних ознак (у нашому випадку 8) та число спостережень (N=12). Вихідні дані витрати запасних частин для проведення кореляційного аналізу:

Y - Витрата запасних частин, шт.;

X1 – середній пробіг автомобіля, тис. км; X2 – кількість заїздів на СТО, прим.;

X3 - середній вік автомобілів, рік;

X4 - сезонність експлуатації (середньорічна температура), С0; X5 - залишок на складі, шт.;

X6 – продаж нових автомобілів, прим.;

X7 – кількість вихідних та святкових днів, дн.

Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
17	55	85	4	-10	32	115	11
24	65	105	4,5	-9	43	110	8
16	52	81	5	4	35	124	11
14	50	92	4,5	4	52	141	10
21	60	98	5,5	12	40	154	12
12	48	85	5	16	51	142	10
11	50	96	3,5	18	38	115	8
13	42	82	3,5	16	36	134	10
21	61	95	5	10	45	172	8
29	69	102	6	4	64	194	8
26	60	97	4,5	-2	38	185	11
23	64	101	5	-8	62	166	9

Признак	Описание признака	ед. изм.
Y	расход запасных частей	шт
X1	средний пробег автомобиля	тыс. км.
X2	количество заездов на СТО	шт.
X3	средний возраст автомобилей	год.
X4	сезонность эксплуатации (среднегодовая температура)	С0
X5	остаток на складе	шт.
X6	продажа новых автомобилей	ед.
X7	количество выходных и праздничных дней	дн.

Рисунок 1.3 – Вихідні дані для проведення кореляційного аналізу за допомогою програми кореляційного аналізу Regre 2.81

Для побудови багатфакторної регресійної моделі результативної ознаки, що визначає витрату запасних частин, спочатку необхідно

відібрати факторні ознаки для включення в модель. Для цього проводиться аналіз матриці парних коефіцієнтів кореляції (рис. 1.4).

У першому рядку цієї матриці записані коефіцієнти  $R_{yx}$ , які вказують на ступінь взаємозв'язку між результативною ознакою та кожною факторною ознакою. Якщо коефіцієнт кореляції перевищує заданий рівень значущості (у цьому випадку 0,05), то взаємозв'язок вважається значущим. Однак у даному випадку коефіцієнти  $R_{yx4} = -0,55684$  та  $R_{yx7} = -0,17486$  перевищують рівень значущості.

Фактори  $X_4$  та  $X_7$  впливають на результативну ознаку, тому їх не включають до регресійної моделі. Інші коефіцієнти кореляції вказують на ступінь взаємозв'язку між кожною парою факторних ознак. Зазначено, що є коефіцієнти  $|R_{xixj}| \geq 0,8$ , наприклад,  $R_{yx1} = 0,92277$ .

Отже, факторні ознаки  $Y_1$  та  $X_2$  є мультиколінеарними, що може впливати на стабільність та ефективність регресійної моделі.

Результаты расчетов

**Корреляционный анализ: ""**

**ИНФОРМАЦИЯ О ПЕРЕМЕННЫХ**

Обозначение признака	Признак	Единица измерения
Y	расход запасных частей,	шт
$X_1$	средний пробег автомобиля,	тыс. км.
$X_2$	количество заводов на СТО,	шт.
$X_3$	средний возраст автомобилей,	год.
$X_4$	сезонность эксплуатации (среднегодовая температура),	СО
$X_5$	остаток на складе,	шт.
$X_6$	продажа новых автомобилей,	ед.
$X_7$	количество выходных и праздничных дней,	дн.

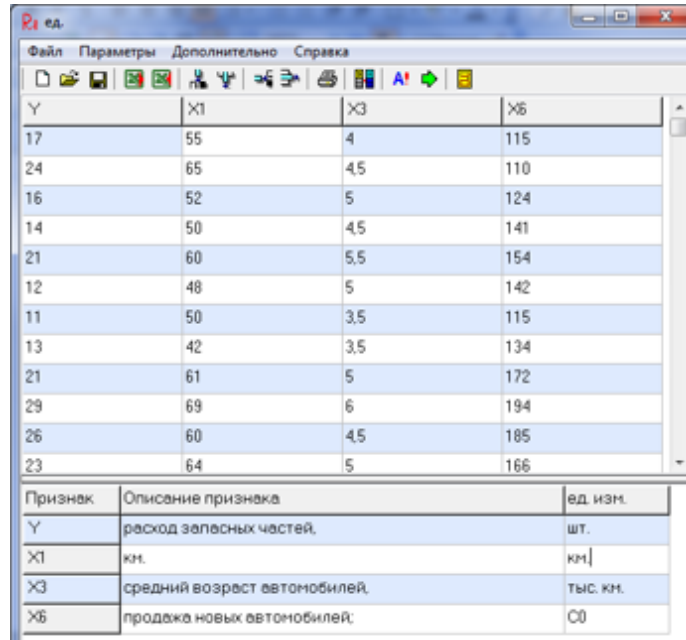
**ПАРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ**

Чтобы построить многофакторную регрессионную модель результативного признака расход запасных частей, предварительно необходимо отобрать факторные признаки в модель. С этой целью находим матрицу парных коэффициентов корреляции:

	Y	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
Y	1	0,92277	0,71241	0,61918	-0,55684	0,40675	0,66201	-0,17486
$X_1$	0,92277	1	0,81935	0,65844	-0,5687	0,48172	0,52057	-0,32646
$X_2$	0,71241	0,81935	1	0,37102	-0,32937	0,50629	0,39014	-0,50316
$X_3$	0,61918	0,65844	0,37102	1	-0,11006	0,61532	0,6356	0,014097
$X_4$	-0,55684	-0,5687	-0,32937	-0,11006	1	-0,10768	0,0069717	-0,022962
$X_5$	0,40675	0,48172	0,50629	0,61532	-0,10768	1	0,58039	-0,47287
$X_6$	0,66201	0,52057	0,39014	0,6356	0,0069717	0,58039	1	-0,071439

Рисунок 1.4 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції

У регресійну модель вводимо фактори Y, X1, X3, X6. Далі знову подаємо матрицю значень ознак Y, X1, X3, X6 та проводимо подальші розрахунки. Результати розрахунків, виконаних програмою, наведено на рис. 1.5.



Y	X1	X3	X6
17	55	4	115
24	65	4,5	110
16	52	5	124
14	50	4,5	141
21	60	5,5	154
12	48	5	142
11	50	3,5	115
13	42	3,5	134
21	61	5	172
29	69	6	194
26	60	4,5	185
23	64	5	166

Признак	Описание признака	ед. изм.
Y	расход запасных частей.	шт.
X1	кн.	кн.
X3	средний возраст автомобилей.	тыс. кн.
X6	продажа новых автомобилей.	СО

Рисунок 1.5 - Аналіз тісноти взаємозв'язків результативної та факторних ознак

Далі аналізуємо множинну регресійну модель, яка має вигляд:

$$Y = -20,563 \times X_1 - 1,08 \times X_2 + 0,06341 \times X_3 \quad (1.9)$$

В даному випадку проводиться перевірка важливості багатофакторної регресійної моделі за рівня значущості 0,01. Формулюються гіпотези:  $H_0$  - регресійна модель незначуща ( $A_1 = A_2 = \dots A_r = 0$ ),  $H_1$  - регресійна модель значуща (хоча б один  $A_i \neq 0$ , та змінюється від 1 до r).

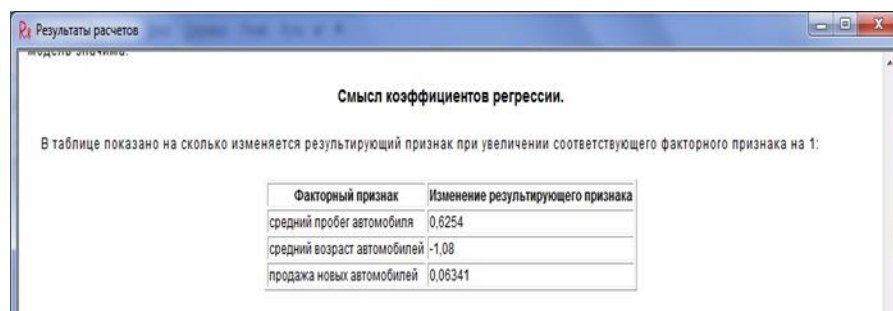
Для перевірки нульової гіпотези використовується випадкова величина F, яка має розподіл Фішера–Снедекору. В розрахунках

знаходиться  $F_{\text{набл}}$  (спостережуване значення  $F$ ) та порівнюється з критичним значенням  $F_{\text{крит}}$  при заданому рівні значущості та ступенях свободи.

Отримані значення:  $F_{\text{набл}} = 25,449$ ,  $F_{\text{крит}}(0,01; 3; 8) = 7,59$  [26, 27].

Оскільки  $F_{\text{набл}} > F_{\text{крит}}$ , то нульову гіпотезу відкидають на користь конкуруючої гіпотези, що свідчить про значущість багатofакторної регресійної моделі.

Економічний сенс коефіцієнтів регресії полягає в тому, що в таблиці (рисунок 1.6) показано, наскільки змінюється результативна ознака при збільшенні відповідної факторної ознаки на 1.



Факторный признак	Изменение результирующего признака
средний пробег автомобиля	0,6254
средний возраст автомобилей	-1,08
продажа новых автомобилей	0,06341

Рисунок 1.6 -Зміна результуючої ознаки

Порівнюючи коефіцієнти еластичності за абсолютною величиною, можна відзначити, що результативна ознака «витрата запасних частин» найбільш чутлива до зміни факторної ознаки.

Складемо рівняння регресії в стандартизованому масштабі та розрахуємо його коефіцієнти  $b_i$ :

$$Y = 20,8 \times X_1 - 2,99 \times X_2 - 5,52 X_3.$$

Порівнюючи коефіцієнти  $b_i$  за абсолютною величиною, робимо висновок, що найбільший вплив на результуючу ознаку надає витрата запасних частин найбільш впливає фактор «середній вік автомобіля».

## 1.7 Висновки за розділом

Розглянуті особливості розподілу запасних частин та основні механізми керування на підприємствах гірничої промисловості. Також проведено аналіз автоматизованих систем розподілу запасних частин на таких підприємствах. У ході аналізу виявлено недолік в організації цих автоматизованих систем, який пов'язано з неможливістю їхнього використання в цехах по ремонту.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН МІЖ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІДПРИЄМСТВА ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1 Оптимізація розподілу запасних частин між підрозділами підприємства гірничої промисловості методом динамічного програмування

Розподіл запасних частин серед різних підрозділів підприємства гірничої промисловості може бути реалізований за допомогою різних стратегій. Один із підходів включає використання номенклатурних норм, що враховують надійність деталей і розрахунок потреби. Також враховуються дані про фактичний попит на ринку, отримані зі статистичних даних. Крім того, може використовуватися комбінований підхід.

Для наближеного визначення кількості автозапчастин для підрозділів підприємства та центральних складів можуть використовуватися дані про кількість автомобілів конкретної марки та норми витрат запчастин на кожну модель. Ці методи широко використовуються на великих підприємствах з великою кількістю автомобілів.

Метод динамічного програмування є ефективним способом розв'язання складних задач з багатьма змінними. Цей процес розбивається на окремі кроки, які зазвичай нумеруються від кінця до початку.

Основний принцип оптимізації багатокрокового процесу полягає в принципі оптимальності, який був запропонований Річардом Беллманом. Цей принцип стверджує, що оптимальна стратегія повинна мати

властивість того, що незалежно від початкового стану і рішення, наступні кроки повинні складати оптимальну поведінку відносно стану, отриманого в результаті початкового рішення.

Принцип оптимальності безпосередньо вказує процедуру знаходження оптимального рішення. Математично він записується вираженням виду

$$f_{n-l}(S_l) = \underset{X_{l+1}}{\text{ext}} [R_{l+1}(S_l, X_{l+1}) + f_{n-(l+1)}(S_{l+1})], \quad (2.1)$$

$$l = \overline{0, n-1}.$$

де  $X_l = (x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{ml})$  - рішення (управління), обраному на  $l$ -му кроці;

$S_l = (S_{1l}, S_{2l}, \dots, S_{ml})$  – стан системи на  $l$ -му кроці;

$R_l$  - безпосередній ефект, який досягається на  $l$ -му кроці;

$f_{n-l}$  - оптимальне значення ефекту, що досягається за  $n-l$  кроків;

$n$  - кількість кроків (етапів).

Принцип оптимальності надає напрямок для пошуку оптимального рішення. Цей принцип математично виражається у формі виразу, де "Ext" представляє мінімум або максимум в залежності від умов задачі.

Усі обчислення, які дозволяють знайти оптимальне значення ефекту після  $n$  кроків,  $f_n(S_0)$ , здійснюються за допомогою формули 2.1, яка називається основним функціональним рівнянням (рекурентним співвідношенням) Беллмана.

Процес обчислення значень функції  $f_{n-l}$  здійснюється з початковою умовою  $f_0(S_n) = 0$ , що означає, що поза кінцевим станом системи ефект дорівнює нулю.

Оптимальне рішення задачі за допомогою методу динамічного програмування знаходиться на основі функціонального рівняння 2.1. Нижче наведено алгоритм методу динамічного програмування:

Етап 1. Записати функціональне рівняння для останнього стану процесу (що відповідає  $l = n-1$ ):

$$f_l(S_{n-1}) = \underset{X_n}{\text{ext}} [R_n(S_{n-1}, X_n) + f_0(S_n)] .$$

Етап 2: Знайти  $R_n(S_{n-1}, X_n)$  з дискретного набору його значень для певних фіксованих  $S_{n-1}$  і  $X_n$  з відповідних допустимих областей. Так як  $f_0(S_n)=0$ , то

$$f_l(S_{n-1}) = \underset{X_n}{\text{ext}} [R_n(S_{n-1}, X_n)] .$$

Після цього, після першого кроку, ми маємо відоме рішення  $X_n$  і відповідне значення функції  $f_1(S_{n-1})$ .

Етап 3: Зменшити значення  $l$  на одиницю і записати відповідне функціональне рівняння. При  $l=n-k$  ( $k=\overline{2,n}$ ) воно матиме наступний вигляд:

$$f_k(S_{n-k}) = \underset{X_{n-k+1}}{\text{ext}} [R_{n-k+1}(S_{n-k}, X_{n-k+1}) + f_{k-1}(X_{n-k+1})] . \quad (2.2)$$

Етап 4: Знайти умовно-оптимальне рішення на основі виразу 2.2.

Етап 5: Перевірити значення  $l$ . Якщо  $l = 0$ , розрахунок умовно-оптимальних рішень завершено, і ми знайшли оптимальне рішення задачі для першого стану процесу. Якщо  $l > 0$ , перейти до етапу 3.

Етап 6: Обчислити оптимальне рішення задачі для кожного наступного кроку процесу, рухаючись від кінця розрахунків до початку [33].

## 2.2 Методика дослідження розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості

Для визначення оптимального розподілу запасних частин серед підрозділів, що відповідають за технічне обслуговування автомобілів, ми здійснимо дослідження, яке буде базуватися на різних комбінаціях кількості запасних частин та кількості підрозділів. Зберемо дані про отримані результати та використаємо ці дані для створення графіків, які відобразять залежність між максимальним прибутком та розподілом запасних частин між підрозділами. В ході дослідження також прагнемо визначити оптимальну кількість запасних частин для кожного підрозділу та виявити найбільш прибуткові з них.

## 2.3 Висновки за розділом

Запропонована математична модель для ефективного розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості за допомогою методу динамічного програмування дозволяє розробити комп'ютерну програму для оптимізації цього процесу.

Розроблено методику дослідження розподілу запасних частин на таких підприємствах, спрямовану на виявлення залежностей, що пов'язані з ефективним розподілом запасних частин.





## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Розробка бізнес-плану проекту «Розробка програмного продукту для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості». Загальний опис ідеї бізнес плану проекту

Розробка проекту ділиться на декілька задач.

Задача 1. Аналіз методів оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. До неї відносять:

- високошвидкісний метод оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- опис предметної області;
- розробка математичної моделі.

Задача 2. Розробка програмного комплексу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. До неї відносять:

- розробка технічного завдання;
- вибір середовища розробки;
- опис мови програмування.

До підзадачі задачі 2 відносять проектування та реалізацію. До проектування відносять:

- розробку діаграми класів;
- розробку діаграми діяльності;
- розробку діаграми прецедентів;
- розробку діаграми полідовності дій.

До реалізації відносять:

- розробка інтерфейсу програми;
- проектування та реалізація програмної системи;

- дослідження процесу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- виконання аналізу шкідливих і виробничих факторів;
- виконання економічних розрахунків;
- обробка результатів.

Тривалість задачі аналізу методів оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості становить 37 днів. Тривалість задачі розробки програмного комплексу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості становить 80 днів. З них тривалість на проектування становить 25 днів, а тривалість на реалізацію становить 34 днів. Всі тривалості запропоновані з вихідними.

Також у проекті є дата початку та дата закінчення певної задачі, щоб зручніше було перевіряти, яку задачу коли почали робити, та коли закінчили.

Ще до створення проекту було задіяно трьох відповідальних осіб (розробник, менеджер та проектувальник).

У кожного відповідальника є своя задача. У розробника – задача розробки програмного комплексу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. У менеджера – задача реалізації програмного комплексу. А у проектувальника – задача проектування.

Витрати, які складає задача аналізу методів оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості складає 207 200 грн.

Витрати, які складає вся задача розробки програмного комплексу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості складає 124 400 грн. З них частина реалізації складає 60 800 грн, а частина проектування – 30 000 грн.

Усі витрати позначають загальну вартість виконання кожної задачі та вартість 1 години роботи відповідального за певну задачу.

Так як 8 місяців створення продукту це довго, то була проведена оптимізація проекту, після якої продукт займає тепер 110,17 днів, що становить 7 місяці.

Тривалість задачі аналізу методів оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості після оптимізації становить 24,67 дня. Тривалість задачі розробки програмного комплексу оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості після оптимізації становить 53,33 днів. З них тривалість на проектування становить 16,67 днів, а тривалість на реалізацію становить 22,67 днів. Всі тривалості запропоновані також з вихідними.

Рівень відмінності не такий високий, але краще. З терміном оптимізації проекту і зменшилися витрати.

Як для мене то це дуже приблизний кошторис витрат і при розрахунку бізнес-плану реального продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості цифри можуть вирости в декілька разів.

Ще до створення проекту можна віднести організаційні витрати, до яких входять оренда приміщення, дизайн приміщення, закупівля комп'ютерів і оргтехніки для організації робочих місць, якщо це необхідно.

Також впродовж проекту було створено звіти та показані графіки за усім оглядом проекту, звіти та графіки за грошовими коштами, графіки та звіти за ресурсами та витрати проекту.

Таким чином, щоб вийти на рівень окупності, продукт для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості повинен забезпечити рівень чистого прибутку не менше, чим сума щомісячних витрат плюс

## 5.2 Створення бізнес-плану проекту «Розробка програмного продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості»

Бізнес план проекту розроблено в Microsoft Project 2016 і представлений нижче. Першим було створення проекту «Розробка програмного продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості». Для створення створювалися задачі проекту, які потрібно виконати, тривалість проекту, щоб дізнатися скільки днів витрачено на розробку задачі, та дата початку і дата закінчення проекту. Також створювалися попередники для проекту. Вони потрібні для того, щоб визначити, який етап за чим йде послідовно. На рисунку 5.1 показано створення проекту «Розробка програмного продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості»

№1	• Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій класифікації зображень з використанням нейронних мереж	15 днів
№2	• Аналіз методів класифікації зображень	15 днів
№3	Метод на основі згортової нейронної мережі	10 днів
№4	Високошвидкісний метод класифікації зображень	12 днів
№5	Класифікація зображень з використанням нейронної мережі	15 днів
№6	Опис предметної області	6 днів
№7	Розробка математичної моделі	9 днів
№8	• Розробка програмного комплексу класифікації зображень з використанням нейронних мереж	10 днів
№9	Вибір середовища розробки	5 днів
№10	Опис мови програмування	8 днів
№11	Розробка технічного завдання	8 днів
№12	• Проектування програмного комплексу класифікації зображень	8 днів
№13	Розробка діаграми класів	5 днів
№14	Розробка діаграми діяльності	5 днів
№15	Розробка діаграми прецедентів	8 днів
№16	Розробка діаграми послідовності	7 днів
№17	• Реалізація програмного комплексу	10 днів
№18	Розробка інтерфейсу програми	10 днів
№19	Проектування та реалізація програмної системи	9 днів
№20	Дослідження процесу класифікації зображень нейронними мережами	7 днів
№21	Виконання аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів	5 днів
№22	Виконання економічних розрахунків оцінки факторів якості програмного продукту	6 днів
№23	Обробка результатів	7 днів

Рисунок 5.1 – Створення проекту «Розробка програмного продукту оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості»

На рисунку 5.2 показано діаграму Ганта за створеним проектом. Ця діаграма показує послідовність виконання задач в проекті.

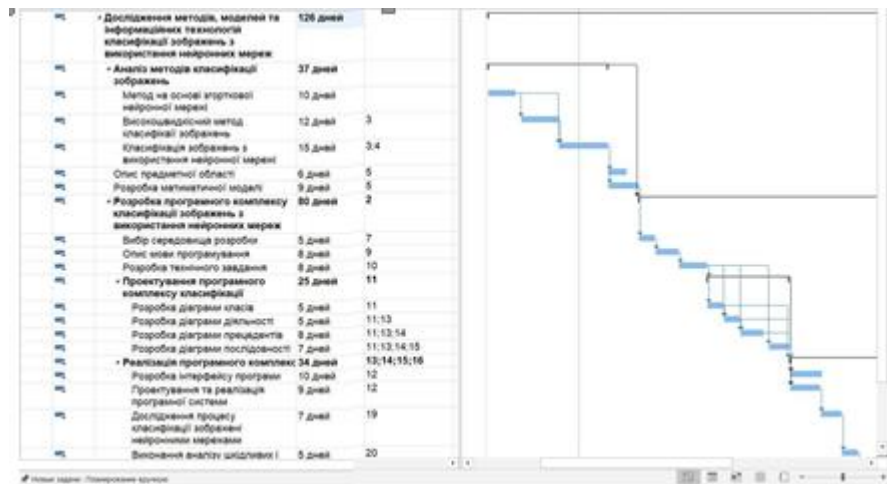


Рисунок 5.2 – Діаграма Ганта за створеним проектом

На рисунку 5.3 зображена PERT – діаграма (PERT Chart). Вона показує послідовний опис задач.

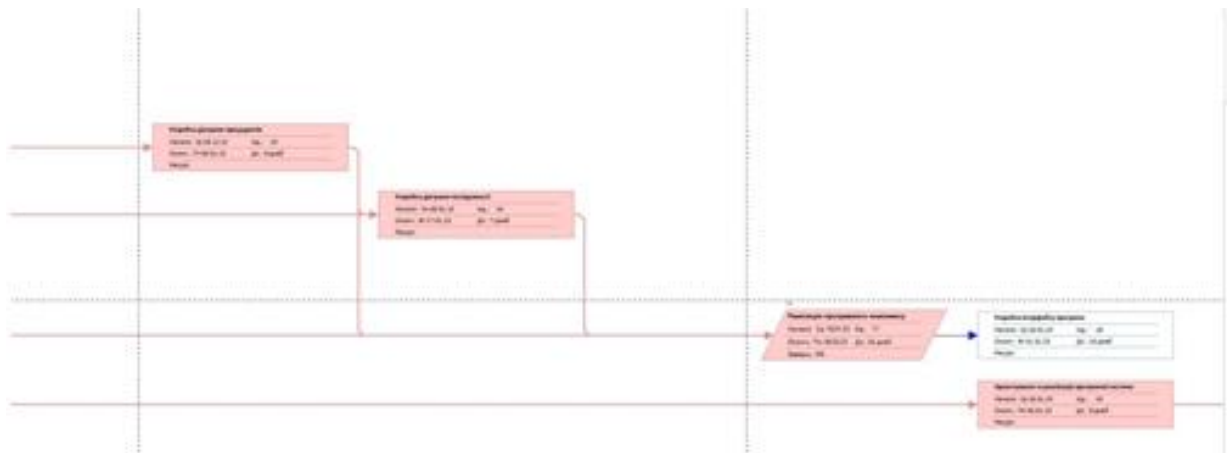


Рисунок 5.3 – PERT – діаграма (PERT Chart)

На рисунку 5.4 показано звіт та графік з огляду всього проекту. Тобто на якому етапі завершення був проект.



№	Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій класифікації зображень з використанням нейронних мереж	126 днів			353 200,00	225 120,00	
✓	№	Аналіз методів класифікації зображень	37 днів		Проектувальник;Ро	207 200,00	207 200,00
✓	№	Метод на основі згорткової нейронної мережі	10 днів		Проектувальник;Розр	28 000,00	28 000,00
✓	№	Високошвидкісний метод класифікації зображень	12 днів	3	Проектувальник;Розр	33 600,00	33 600,00
✓	№	Класифікація зображень з використанням нейронної мережі	15 днів	3,4	Проектувальник;Розр	42 000,00	42 000,00
✓	№	Опис предметної області	6 днів	5	Проектувальник	7 200,00	7 200,00
	№	Розробка математичної моделі	9 днів	5	Розробник	14 400,00	10 720,00
	№	Розробка програмного комплексу класифікації зображень з використанням	80 днів	2		124 400,00	0,00
	№	Вибір середовища розробки	5 днів	7	Розробник	8 000,00	0,00
	№	Опис мови програмування	8 днів	9	Розробник	12 800,00	0,00
	№	Розробка технічного завдання	8 днів	10	Розробник	12 800,00	0,00
	№	Проентування програмного комплексу класифікації зображень	25 днів	11		30 600,00	0,00
	№	Розробка діаграми класів	5 днів	11	Проектувальник	6 000,00	0,00
	№	Розробка діаграми діяльності	5 днів	11;13	Проектувальник	6 000,00	0,00
	№	Розробка діаграми прецедентів	8 днів	11;13;14	Проектувальник	9 600,00	0,00
	№	Розробка діаграми послідовності	7 днів	11;13;14;15	Проектувальник	8 400,00	0,00
	№	Реалізація програмного комплексу	34 днів	13;14;15;16		60 800,00	0,00
	№	Розробка інтерфейсу програми	10 днів	12	Розробник	16 000,00	0,00
	№	Проентування та реалізація програмної системи	9 днів	12	Проектувальник	10 800,00	0,00
	№	Дослідження процесу класифікації зображень нейронними мережами	7 днів	19	Проектувальник;Розр	19 600,00	0,00
	№	Виконання аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів	5 днів	20	Менеджер	4 000,00	0,00
	№	Виконання економічних розрахунків оцінки факторів якості програмного продукту	6 днів	21	Менеджер	4 800,00	0,00
	№	Обробка результатів	7 днів	22	Менеджер	5 600,00	0,00

Рисунок 5.6 – Додавання стовпця «Витрати»

Також була проведена оптимізація створеного проекту. Для цього треба було видалити деяких «предшественників», щоб деякі задачі виконувались паралельно, що б зменшити час на розробку так як деякі задачі виконуються спочатку одна, а потім інша (тобто поочередності ). На рисунку 5.9 показано створений проект вже після оптимізації.

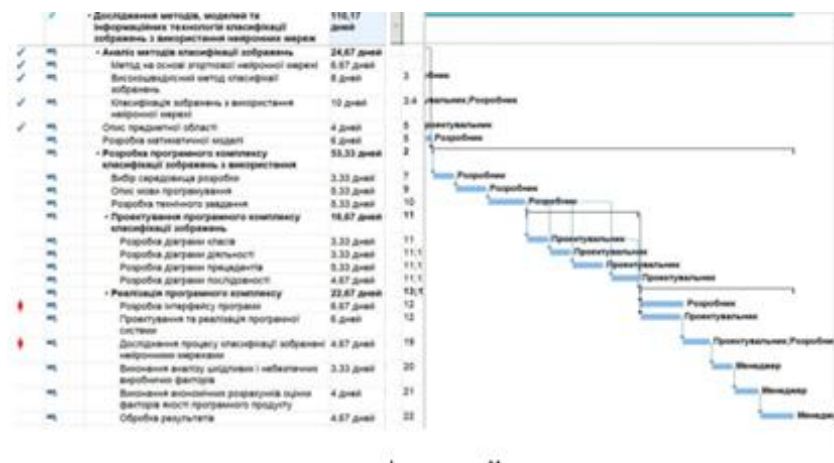


Рисунок 5.9 – Проект після оптимізації

На рисунку 5.10 показано критичні етапи проекту.

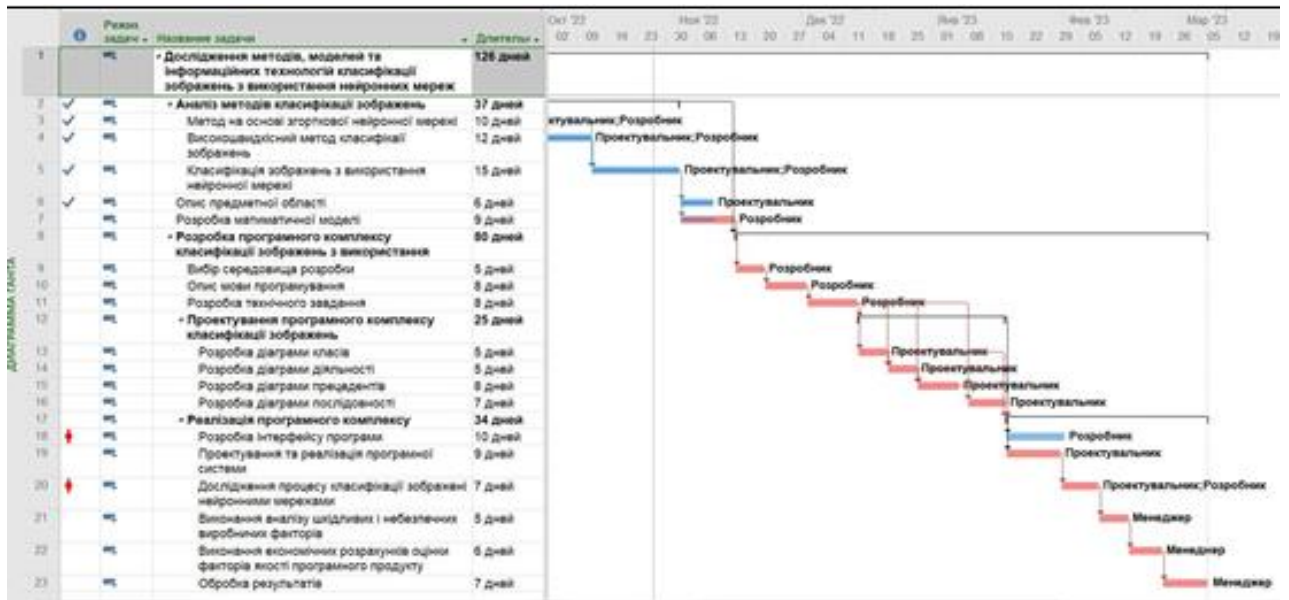


Рисунок 5.10 – Критичні етапи проекту

На рисунку 5.11 показано зміну типу обмеження.

Сведения о задаче

Общие | Предшественники | Ресурсы | Дополнительно | Заметки | Настраиваемые поля

Название:  Длительность: 5 дней  Предв. оценк.

Ограничение задачи

Крайний срок:

Тип ограничения:  Дата ограничения:

Тип задачи:   фиксированный объем работ

Календарь:   Не учитывать календари ресурсов при планировании

Код СДР:

Способ расчета освоенного объема:

Пометить задачу как вежу

Рисунок 5.11 – Зміна типу обмеження

На рисунку 5.12 показано зміну часу робочого дня

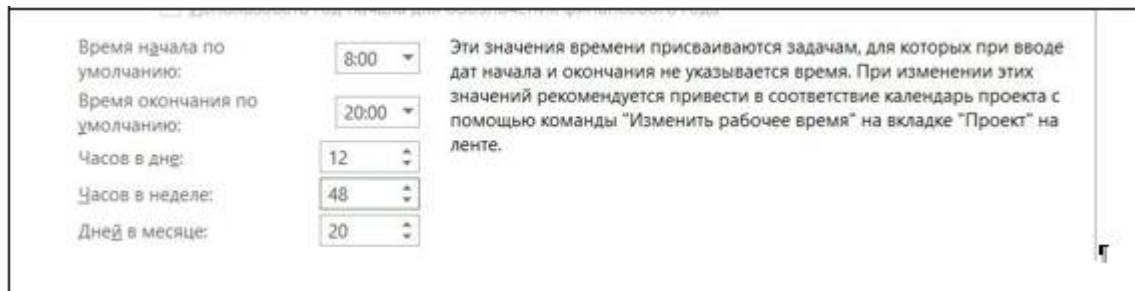


Рисунок 5.12 – Зміна типу обмеження

Оптимізований проект (рис. 5.9) відбувся шляхом введення різних типів обмежування (рис. 5.11-5.12) і був збільшений робочий день до 12-годинного.

Також до проекту вводилась оптимістична та песимістична тривалість роботи розраховавши загальну тривалість проекту методом PERT та отримавши різні результати які зображені на діаграмі Ганта: Діаграма Ганта очікувана оцінка зображена на рисунку 5.13.

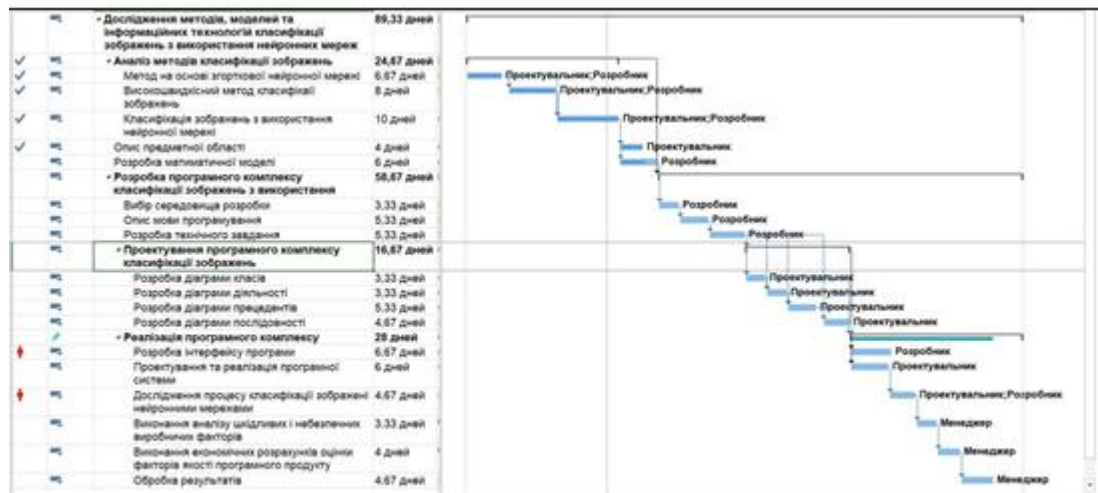


Рисунок 5.13 – Діаграма Ганта очікувана оцінка

Діаграма Ганта оптимістична оцінка зображена на рисунку 5.14.

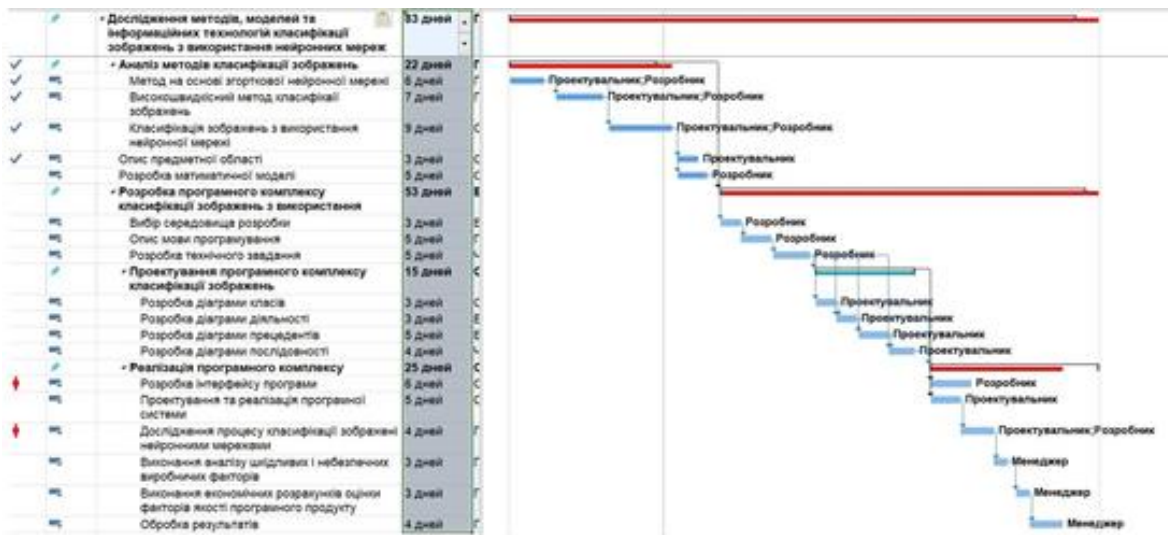


Рисунок 5.14 – Діаграма Ганта оптимістична оцінка

Діаграма Ганта песимістична оцінка зображена на рисунку 5.15

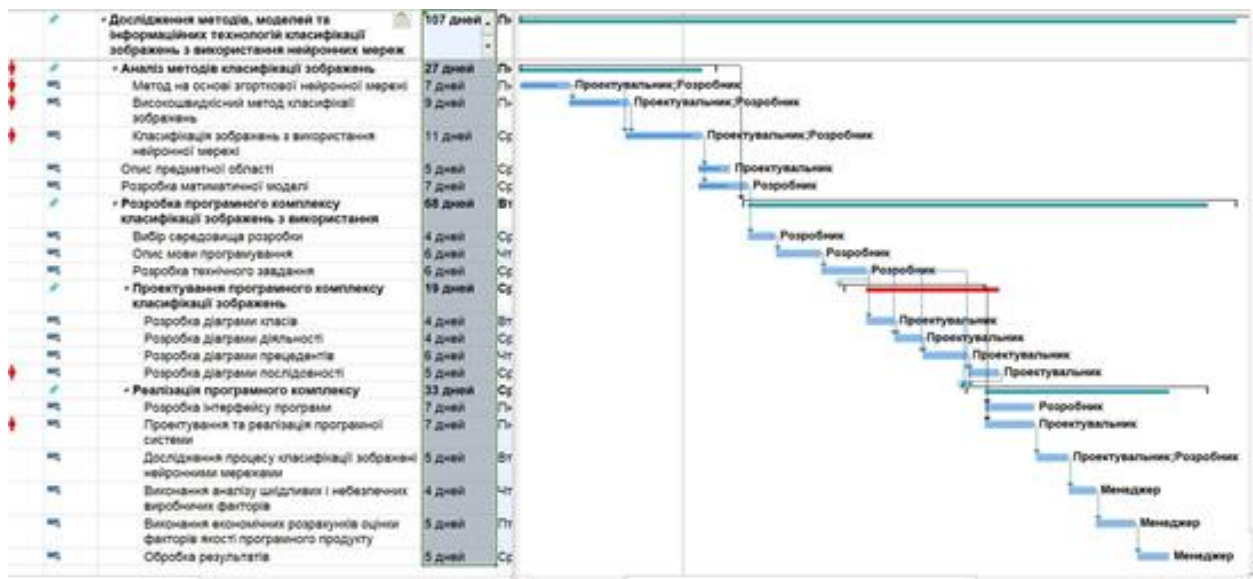


Рисунок 5.15 – Діаграма Ганта песимістична оцінка

Також до проекту був доданий базовий план (рисунок 5.16).

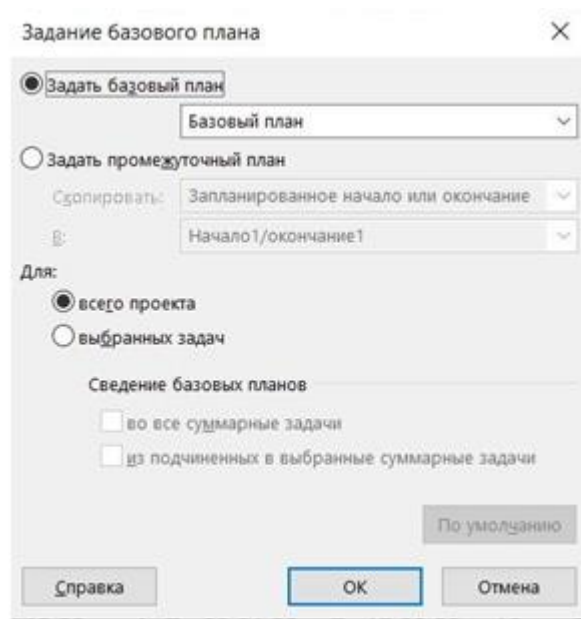


Рисунок 5.16 – Завдання базового плану

Базовий план відображений на діаграмі Ганта (рисунок 5.17).

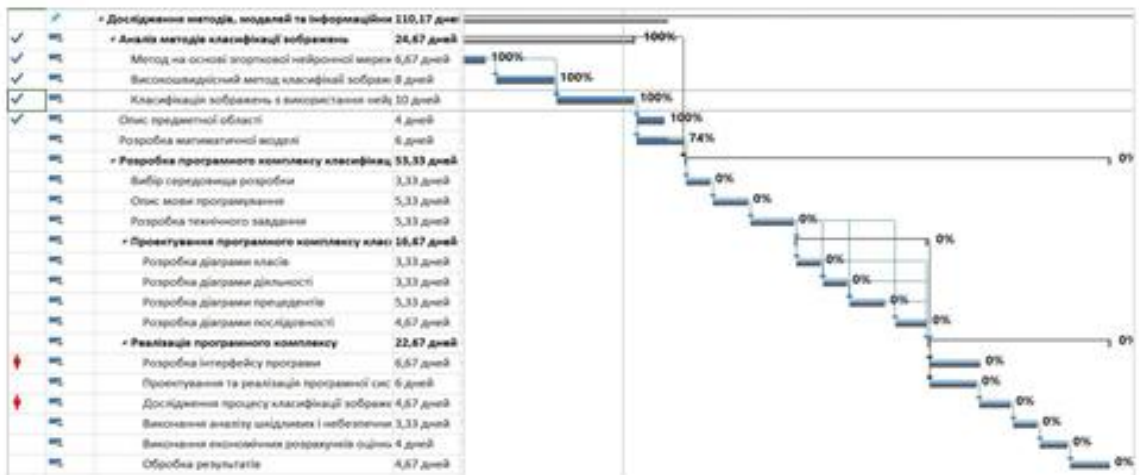


Рисунок 5.17 – Діаграма Ганта з базовим планом

На рисунку 5.18 показано діаграму Ганта з різними базовими планами

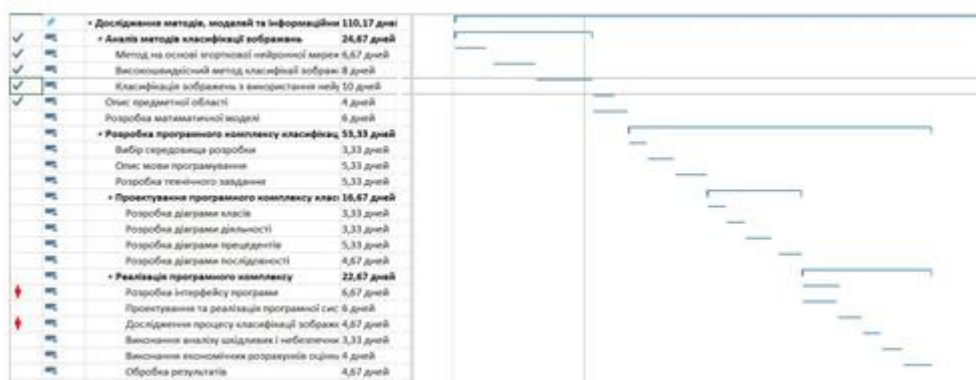


Рисунок 5.18 – Діаграма Ганта з різними базовими планами

Можемо спостерігати процес виконання задач (рисунок 5.19)

✓	• Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій класифікації зображень з використанням нейронних мереж	110,17 днів	353 200,00р.	225 120,00р.	35%
✓	• Аналіз методів класифікації зображень	24,67 днів	207 200,00р.	207 200,00р.	100%
✓	Метод на основі згортової нейронної мережі	6,67 днів	28 000,00р.	28 000,00р.	100%
✓	Високошвидкісний метод класифікації зображень	8 днів	33 600,00р.	33 600,00р.	100%
✓	Класифікація зображень з використанням нейронної мережі	10 днів	42 000,00р.	42 000,00р.	100%
✓	Опис предметної області	4 днів	7 200,00р.	7 200,00р.	100%
✓	Розробка математичної моделі	6 днів	14 400,00р.	10 720,00р.	74%
✓	• Розробка програмного комплексу класифікації зображень з використанням	53,33 днів	124 400,00р.	0,00р.	0%
✓	Вибір середовища розробки	3,33 днів	8 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Опис мови програмування	5,33 днів	12 800,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка технічного завдання	5,33 днів	12 800,00р.	0,00р.	0%
✓	• Проектування програмного комплексу класифікації зображень	16,67 днів	30 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка діаграми класів	3,33 днів	6 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка діаграми діяльності	3,33 днів	6 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка діаграми предметів	5,33 днів	9 600,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка діаграми послідовності	4,67 днів	8 400,00р.	0,00р.	0%
✓	• Реалізація програмного комплексу	22,67 днів	60 800,00р.	0,00р.	0%
✓	Розробка інтерфейсу програми	6,67 днів	16 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Проектування та реалізація програмної системи	6 днів	10 800,00р.	0,00р.	0%
✓	Дослідження процесу класифікації зображень нейронними мережами	4,67 днів	19 600,00р.	0,00р.	0%
✓	Виконання аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів	3,33 днів	4 000,00р.	0,00р.	0%
✓	Виконання економічних розрахунків оцінки факторів якості програмного продукту	4 днів	4 800,00р.	0,00р.	0%
✓	Обробка результатів	4,67 днів	5 600,00р.	0,00р.	0%

Рисунок 5.19 – Завершення задач

### 5.3 Висновки за розділом

В результаті економічних розрахунків виявлено, що витрати, пов'язані з аналізом методів оптимізації розподілу запасних частин у

підприємствах гірничої промисловості, складають 207 200 грн. Вартість вирішення всієї задачі розробки програмного комплексу для оптимізації розподілу запасних частин на таких підприємствах складає 124 400 грн. З урахуванням того, що 8 місяців на створення продукту є довгим терміном, була проведена оптимізація проекту. Після цієї оптимізації тривалість розробки скоротилася до 110,17 днів, що еквівалентно 7 місяцям. Після оптимізації тривалість завдання з аналізу методів оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості складає 24,67 дні. Тривалість завдання розробки програмного комплексу для оптимізації розподілу запасних частин на таких підприємствах після оптимізації становить 53,33 дні.

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволив визначити інтегральну бальну оцінку тяжкості праці на рівні 48 балів, що відповідає IV категорії важкості праці. Кількісна оцінка умов праці вказала на те, що головним напрямком для поліпшення умов праці є оптимізація мікроклімату. Оцінка ефективності заходів з охорони праці підтвердила зниження інтегральної оцінки тяжкості праці до 33 балів, що відповідає II категорії важкості праці.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розглянуті особливості розподілу запасних частин та механізми керування на підприємствах гірничої промисловості були проаналізовані. Також проведено огляд автоматизованих систем розподілу запасних частин на цих підприємствах, і виявлено недоліки.

Розроблена математична модель для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості, використовуючи метод динамічного програмування. Ця модель визначає оптимальний розподіл запасних частин та може бути реалізована через комп'ютерну програму з метою покращення управління цим процесом.

Розроблена також методика дослідження розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості, яка спрямована на виявлення залежностей, пов'язаних із розподілом запасних частин.

Створено глосарій предметної області "Розподіл запасних частин", а також розроблено програмний комплекс для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. Цей комплекс використовує метод динамічного програмування для досягнення оптимального розподілу запасних частин між підприємствами.

Дослідження розподілу запасних частин між підрозділами підприємства показало, що можна досягти оптимального розподілу, який максимізує результат. Виявлено, що для досягнення максимального прибутку необхідно виділити конкретні види запасних частин конкретним підрозділам, що є важливим для підприємства.

Цільовий програмний комплекс був ретельно розроблений, включаючи діаграми за методологією UML, такі як діаграми прецедентів, діаграма діяльності, діаграма класів, діаграма послідовності, діаграми компонентів та розгортання для опису фізичної реалізації програмного комплексу.



## ДОДАТОК А. ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

№ п/п	Назва документу	Найменування об'єкта або виробу	Формат	Кількість листів
1	Пояснювальна записка	КЦТПАР.122-22-2м.01.00.КР.ПЗ	A4	116
Графічна частина				
2	Мета і завдання роботи. Об'єкт і предмет дослідження	КЦТПАР.122-22-2м.02.00.КР.ПЛ	A4	1
3	Математична модель оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	КЦТПАР.122-22-2м.03.00.КР.ПЛ	A4	1
4	Діаграма діяльності ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	КЦТПАР.122-22-2м.04.00.КР.ПЛ	A4	1
5	Діаграма розгортання ПК для розподілу автозапчастин	КЦТПАР.122-22-2м.05.00.КР.ПЛ	A4	1
6	Діаграма прецедентів ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	КЦТПАР.122-22-2м.06.00.КР.ПЛ	A4	1
7	Діаграма класів для предметної області «Розподіл запасних частин»	КЦТПАР.122-22-2м.07.00.КР.ПЛ	A4	1

№ п/п	Назва документу	Найменування об'єкта або виробу	Формат	Кількість листів
8	Діаграма послідовності дій основного прецеденту «Виконати розподіл запасних частин»	КЦТПАР.122-22-2м.08.00.КР.ПЛ	A4	1
9	Діаграма компонентів ПК для оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	КЦТПАР.122-22-2м.09.00.КР.ПЛ	A4	1
10	ER-діаграма предметної області «Розподіл запасних частин»	КЦТПАР.122-22-2м.10.00.КР.ПЛ	A4	1
11	Дослідження розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості	КЦТПАР.122-22-2м.11.00.КР.ПЛ	A4	1
12	Загальні висновки	КЦТПАР.122-22-2м.12.00.КР.ПЛ	A4	1

## ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ ПМК ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

### Б.1 Загальні відомості

В рамках дипломної роботи передбачається розробка програмного продукту (ПП) для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. ПП є реалізацією завдання на дипломну роботу «Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості» у вигляді додатку складається з модулів, розробленого web-додатку на мові PHP.

### Б.2 Підстава для розробки

Підставою для розробки ПП є завдання на кваліфікаційну роботу магістра, яке було затверджено факультетом «Цифрових технологій та автоматизації виробництва», кафедрою «Цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень» ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

### Б.3 Призначення розробки

ПП призначений для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості. Програмний продукт повинен виконувати наступні функції:

- забезпечувати введення і зберігання інформації про підрозділи підприємства гірничої промисловості;

- забезпечувати введення і зберігання інформації про наявність запасних частин та їх параметри;
- забезпечувати введення і зберігання інформації про замовлення запасних частин підрозділами;
- виконувати оптимальний розподіл запасних частин на підприємствах гірничої промисловості;
- виконувати пошук інформації по підрозділам, запасним частинам і розподілу запасних частин;
- формувати звіт про розподіл запасних частин для забезпечення режиму роботи підрозділів підприємства гірничої промисловості;
- стійко функціонувати і проводити коректну обробку інформації.

Б.4 Вимоги до програмного продукту для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості

#### Б.4.1 Вимоги до функціональних характеристик

Склад виконуваних функцій даними ПП представлений нижче:

- введення і зберігання інформації про підрозділи (10 підрозділів) скільки? підприємства гірничої промисловості - 40 сек;
- введення і зберігання інформації про наявність запасних частин (40-50 запасних частин) скільки? та їх параметри - 1хвилина;
- введення і зберігання інформації про замовлення (10-15 в годину) скільки в годину? запасних частин підрозділами - 45 сек;
- забезпечує оптимальний розподіл запасних частин на підприємствах гірничої промисловості - до 2 хв;
- формування звіту про розподіл запасних частин на підприємствах гірничої промисловості - до 1 хв.

#### Б.4.2 Вимоги до надійності

Для виконання основних вимог до надійності, ПП повинен:

- стійко функціонувати і не приводити до збоїв серверної операційної системи;
- забезпечувати контроль вхідний і вихідний інформації на відповідність заданим форматам даних;
- забезпечувати обробку помилкових дій користувача з видачею відповідних повідомлень і не допускати збоїв;
- не протидіяти засобам операційної системи і сервера баз даних щодо розмежування доступу до важливої інформації (поділу прав доступу до інформації баз даних для користувачів системи).

#### Б.4.3 Умови експлуатації

Умови експлуатації ПП визначаються СанПіН 2.2.2 545-96 «Гігієнічні вимоги до відеодисплейним терміналам, персональних обчислювальних машин та організації роботи».

Нижчий рівень необхідної кваліфікації обслуговуючого персоналу - оператор ЕОМ. Для настройки системи і ведення бази даних необхідно залучення фахівців, що мають високий рівень кваліфікації в галузі інформаційних технологій.

#### Б.4.4 Вимоги до складу і параметрів технічних засобів

Вимоги до параметрів технічних засобів, необхідних для експлуатації ПП, визначаються вимогами до функціонування платформи MS Windows.

Для роботи сервера необхідно встановити комп'ютер з наступними характеристиками:

- обсяг оперативної пам'яті не менше 4096 МБ;
- процесором не нижче Intel Core i5, миша, клавіатура;
- наявність вільного місця на жорсткому диску в розмірі не менше 200Мбайт;
- підключення до мережі по кабелю;
- монітор 17 ".

Для робочого місця оператора розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості необхідна персональна ЕОМ з наступними характеристиками:

- обсяг оперативної пам'яті не менше 2048 МБ;
- процесор не нижче Intel Core i3, миша, клавіатура;
- наявність вільного місця на жорсткому диску в розмірі не менше 100 Мбайт;
- підключення до мережі;
- принтер (лазерний принтер);
- монітор 17 ".

#### Б.4.5 Вимоги до інформаційної та програмної сумісності

ПП створюється з використанням засобів розробки додатків платформи Windows (7, 8, 10), на мовах PHP, SQL.

Тексти програми повинні бути написані на мові PHP. Вхідна інформація повинна вводитися безпосередньо через клавіатуру. Вихідна інформація повинна представлятися в зручному для сприйняття вигляді. Система повинна мати властивості відновлення бази даних шляхом резервного копіювання файлів БД.

## Б.5 Вимоги до програмної документації

Попередній склад програмної документації встановлено відповідно до ГОСТ 19.101-77. Нижче перерахований список програмних документів і їх зміст.

Текст програми - запис програми з необхідними поясненнями і коментарями.

Опис програми - відомості про логічну структуру і функціонуванні програми.

Програма і методика випробувань - вимоги, що підлягають перевірці при випробуванні програми, також порядок і методи контролю.

Технічне завдання - цей документ.

Пояснювальна записка - схема алгоритму, загальний опис алгоритму або функціонування програми, а також обґрунтування прийнятих технічних і техніко-економічних рішень.

Експлуатаційні документи - опис застосування, керівництво користувача.

## Б.6 Техніко-економічні показники

Економічна ефективність від впровадження ПП забезпечується за рахунок зменшення часу, який витрачається оператором розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості, яке досягається шляхом автоматизації пошуку оптимального розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.

## Б.7 Стадії і етапи розробки

Нижче наведена таблиця Б.1, яка відображає стадії і етапи розробки ПП.

Таблиця Б.1 - Стадії і етапи розробки ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості

№	Етап / Термін виконання	Зміст робіт
1	Розробка стратегії автоматизації / 01.12.23 – 10.12.23	Аналіз бізнес-процесів в СТО, вивчення документообігу, виявлення найбільш трудомістких операцій.
2	Оцінювання реалізованості / 10.12.23 – 20.12.23	На підставі проведеного аналізу, оцінка реалізованості даної системи (техніко-економічне обґрунтування).
3	Аналіз вимог / 20.12.23 – 30.12.23	Аналіз вимог для створення ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості.
4	Аналіз ТЗ/ 31.12.23 – 08.01.24	Проводиться аналіз основних пунктів ТЗ на підставі зібраної інформації про розроблюваний ПК для оптимізації розподілу запасних частин.
5	Проектування / 31.12.23 – 08.01.24	Проектування розроблюваної системи за допомогою UML-діаграм (діаграми прецедентів і класів).
6	Програмування / 08.01.24 – 12.01.24	Створення програмного коду на мові PHP, що реалізує основні функції. Підготовка пояснювальної записки та графічної частини.
7	Налагодження / 13.01.24 – 15.01.24	Проведення тестів. Доопрацювання, виправлення, доробка функціональності і виправлення помилок.

#### Б. 8. Порядок контролю і приймання

ПК для оптимізації розподілу запасних частин на підприємствах гірничої промисловості повинен відповідати вимогам замовника та відповідати всім поставленим функціональним вимогам.

Контроль програмного продукту здійснюється в наступному порядку.

- 1 перевірка функціональності розробленого ПО;
- 2 перевірка реакції програми на різні дії користувача;
- 3 перевірка вихідних даних;

4 після виходу з програми операційна система повинна продовжувати працювати коректно.

Контроль коректності функціонування та придатності ПП до експлуатації виконується спільно розробником і замовником ПП на підставі приймальних тестів, що надаються замовником.

Ухвалення створеної системи полягає в тестуванні його на робочих місцях після настройки програмного продукту. Контроль здійснюється кінцевими користувачами системи, підключеними на етапі тестування системи. Прийом ПК здійснюється після його повної установки і настройки під конкретних користувачів.