

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра програмних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ
ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ
SOFTWARE IMPLEMENTATION OF MANAGEMENT METHODS FOR
ENERGY SAVING PROJECTS PORTFOLIO AT IRON WORKS

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи КНТ-129

Спеціальності 121 Інженерія програмного

(код і найменування спеціальності)

забезпечення

Освітня програма (спеціалізація)

Інженерія програмного забезпечення

ЮХНЕВИЧ Б.О

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ДУБРОВІН В.І.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент КАЗУРОВА А.Є

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет КНТ
Кафедра програмних засобів
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерні науки
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.
Сергій СУББОТІН
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЮХНЕВИЧА Богдана Олександровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Програмна реалізація методів управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах. Software Implementation of Management Methods for Energy Saving Projects Portfolio at Iron Works

керівник проєкту (роботи) к.т.н., професор, ДУБРОВІН Валерій Іванович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “04” квітня 2023 року № 87

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01 червня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні підходи до управління процесами енергозбереження на металургійних підприємствах. 2. Система управління процесами енергозбереження з метою підвищення енергоефективності виробництва 3. Програмна реалізація проєкту. 4. Експлуатація та тестування програмного засобу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Слайди презентації

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4 Основна частина	ДУБРОВІН В.І., професор		
Нормоконтроль	ЛИПОВЕЦЬ М.В., асистент		

7. Дата видачі завдання “4” квітня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи.	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Аналіз предметної області.	1 тиждень	Розділ 1
3	Системи управління процесами енергозбереження.	2 тиждень	Розділ 2
4	Програмна реалізація проєкту.	3-4 тижні	Розділ 3
5	Експлуатація та тестування програмного засобу.	5 тиждень	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки та документів.	6 тиждень	Додатки
7	Нормоконтроль та рецензування.	7 тиждень	
8	Захист роботи.	8 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) Богдан ЮХНЕВИЧ
(Імя ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Валерій ДУБРОВІН
(Імя ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра:
68 с., 4 табл., 28 рис., 2 дод., 20 джерел.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, СУЧАСНА ПОРТФЕЛЬНА ТЕОРІЯ, МЕТОДИ
ОПТИМІЗАЦІЇ, РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ, УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ.

Об'єкт дослідження - процес управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах.

Предмет дослідження - методи, моделі та інформаційна технологія управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах.

Мета роботи - Виявити, дослідити та порівняти методи управління портфелями проєктів енергозбереження. Розробити програмне забезпечення для реалізації методів управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах.

Матеріали, методи та технічні засоби: системний підхід, факторний аналіз, методи стратегічного планування, методи експертного оцінювання, методи оцінювання проєктних ризиків

Результати. Створено програмний Windows-застосунок, який у реальному часі реалізує методи управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах

Висновки. В рамках дослідження в області управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах була розроблена програмна реалізація методів управління портфелями проєктів

Галузь використання - енергетика та промислове виробництво, зокрема металургійна промисловість.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the bachelor: 68 pages, 4 tables, 28 figures, 2 appendixes, 20 sources.

ENERGY CONSERVATION, MODERN PORTFOLIO THEORY, OPTIMIZATION METHODS, RESOURCE CONSERVATION, COST MANAGEMENT.

Object of study is the process of managing energy conservation project portfolios in metallurgical enterprises.

Subject of study are methods, models, and information technology for managing energy conservation project portfolios in metallurgical enterprises.

The purpose of the work is to identify, investigate, and compare methods of managing energy conservation project portfolios. To develop software for implementing methods of managing energy conservation project portfolios in metallurgical enterprises.

Materials, Methods, and Technical Tools: systems approach, factor analysis, strategic planning methods, expert evaluation methods, project risk assessment methods.

Results. A real-time Windows application has been created that implements methods of managing energy conservation project portfolios in metallurgical enterprises.

Conclusions. Within the research in the field of managing energy conservation project portfolios in metallurgical enterprises, software implementation of portfolio management methods has been developed.

The field of use are energy and industrial production, particularly the metallurgical industry.

ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень та умовних позначок	8
Вступ	9
1 Теоретичні підходи до управління процесами енергозбереження на металургійних підприємствах.....	10
1.1 Аналіз ефективності управління та структура енергоспоживання на металургійному підприємстві	10
1.2 Сучасний стан металургійного комплексу в Україні та комплексний підхід до проблеми енергозбереження	15
1.3 Управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах	19
1.4 Алгоритм формування оптимальних планів інвестицій в енергозбереження.....	20
1.5 Висновок за розділом 1	21
2 Система управління процесами енергозбереження з метою підвищення енергоефективності виробництва	22
2.1 Основні напрямки підвищення енергетичної ефективності на металургійних підприємствах.....	22
2.2 Моделювання та прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства	28
2.3 Оцінка обсягів та ефективності управління енергоспоживанням металургійного підприємства.....	31
2.4 Висновок за розділом 2.....	37
3 Програмна реалізація проєкту	38
3.1 Реалізація початкової програми на мові Python.....	38
3.2 Вибір мови програмування	40
3.3 Висновок за розділом 3	43
4 Експлуатація та тестування програмного засобу.....	45
4.1 Експлуатація програмного засобу	45

4.2 Тестування функціональності початкової програми.....	46
4.3 Тестування готової програми з інтерфейсом	49
4.4 Висновок за розділом 4.....	51
Висновки	52
Перелік джерел посилань	54
Додаток А Текст програми.....	56
Додаток Б Слайди презентації	61

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ВЕР	– вторинні енергоресурси;
ККД	– коефіцієнт корисної дії;
МК	– металургійний комплекс;
ПЕК	– паливно-енергетичний комплекс;
ТЕБ	– теплоенергетичний баланс.

ВСТУП

На розвиток господарюючих суб'єктів в нашій країні істотний негативний вплив становить висока частка енергетичних витрат у виробництві, яка на промислових підприємствах складає в середньому 8-12% [1] та має стійку тенденцію до зростання у зв'язку з великим моральним і фізичним зносом основного обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів. Однією з умов зниження витрат на промислових підприємствах та підвищення економічної ефективності виробництва в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів [2].

Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку економіки можливий тільки при формуванні та подальшій реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методологічної та методичної бази. Відкладання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значних економічних збитків підприємствам та негативно відображається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації [2]. Дефіцит фінансових ресурсів, затримуючий оновлення виробничої бази, супроводжується зростанням витрат в галузі промисловості та ін.

Для уникнення фінансових втрат під час впровадження заходів з енергозбереження необхідно розробити й удосконалити методи оцінки ефективності програм енергозбереження, які враховують різноманітні варіанти використання ресурсів інвестицій, що передбачені для їх реалізації. Зниження витрат на енергію в процесі виробництва дозволить отримати додаткові кошти для забезпечення задовільного рівня фізичного і морального старіння технологічного обладнання.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Аналіз ефективності управління та структура енергоспоживання на металургійному підприємстві

Останнім часом, тенденція зростання ресурсоємності металургійної промисловості та, відповідно, істотне збільшення екологічного навантаження, яке впливає на навколишнє середовище висувають на передній план питання, пов'язані з управлінням процесами енерго- і ресурсозбереження.

Підвищення енергетичної та загальної ресурсної ефективності промислового виробництва через впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій стає завданням першорядної важливості особливо для енергоємних галузей промисловості, таких як чорна металургія [3].

Енергозбереження – реалізація організаційних, правових, наукових, виробничих, технічних та економічних заходів, які спрямовані на скорочення об'єму паливно-енергетичних ресурсів, інтенсифікацію їх використання, у тому числі за рахунок залучення поновлюваних джерел енергії при одночасному збільшенні відповідного корисного ефекту від їх використання, показників ефективності діяльності підприємства.

З метою покращення екологічної стійкості та ефективності виробництва, металургійні підприємства активно досліджують та впроваджують нові технології та ініціативи. Прогресивні рішення спрямовані на раціональне використання енергії та зниження викидів шкідливих речовин у процесі металургійного виробництва. Структура споживання енергії на металургійному підприємстві орієнтована в основному на використанні палива, яке широко застосовується на всіх стадіях металургійного виробництва, зображена на рис. 1.1.

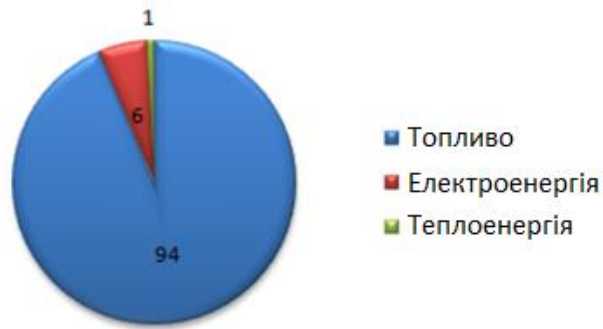


Рисунок 1.1 – Структура споживання енергії в % на металургійних підприємствах [4]

Основними напрямками в реалізації постійної політики з енергозбереження, що включає політику зниження витрат на виробництво металопродукції для виробників енергоємних чорних металів, є:

- а) застосуванні більш сучасних (менш енергоємних) технологій та енергоекономічного технологічного обладнання;
- б) виборі тарифів та постачальників енергоресурсів;
- в) зниженні споживання енергоресурсів за рахунок вдосконалення існуючих технологічних процесів та режимів роботи обладнання шляхом впровадження модульних систем управління енергією та виробничими витратами, моніторингу енергетичних витрат і заходів по зниженню викидів в навколишнє середовище є:

- 1) вдосконалення системи енергетичного менеджменту на підприємстві;
- 2) збільшення частки власного виробітку електроенергії (собівартість вироблення електроенергії на власних електростанціях в 2-2,5 рази нижчі за тарифи на придбану електроенергію) [5];
- 3) оптимізація енергобалансу підприємства та його підрозділів;
- 4) нормування та прогнозування споживання енергоресурсів на основі математичних моделей;
- 5) використання власних вторинних ресурсів та витіснення за рахунок цього покупних.

Для ефективного керування інноваційними проектами з енергозбереження в металургійній галузі необхідно розробити нові управлінські концепції, що ґрунтуються на створенні інноваційних платформ і активному використанні кращого світового досвіду. Концептуальна модель керування програмами інноваційного розвитку систем енергозбереження наведена на рисунку 1.2.

У моделі врахована система цілей та збалансованих показників розвитку, що служать основою для формування основного циклу управління (моніторингу) програми. Програма інноваційного розвитку включає низку взаємопов'язаних проектів або їх портфелів, реалізація яких сприяє досягненню поставлених цілей.

Проекти будуються на основі кращих практик та уроків, які формуються двома когнітивними циклами. При цьому інноваційна платформа програми розвитку будується на нових знаннях та технологіях, що надходять із зовнішнього середовища, а також когнітивних знаннях кращої практики уроків виконаних проектів. В рамках запропонованої концептуальної моделі необхідно структурувати систему цілей програм енергозбереження.

У рамках програм енергозбереження можуть використовуватися різні підходи, такі як впровадження нових енергоефективних технологій, оптимізація процесів та навчання персоналу щодо раціонального використання енергії.

Важливо постійно оновлювати знання та використовувати передові практики для досягнення найкращих результатів у програмах енергозбереження.

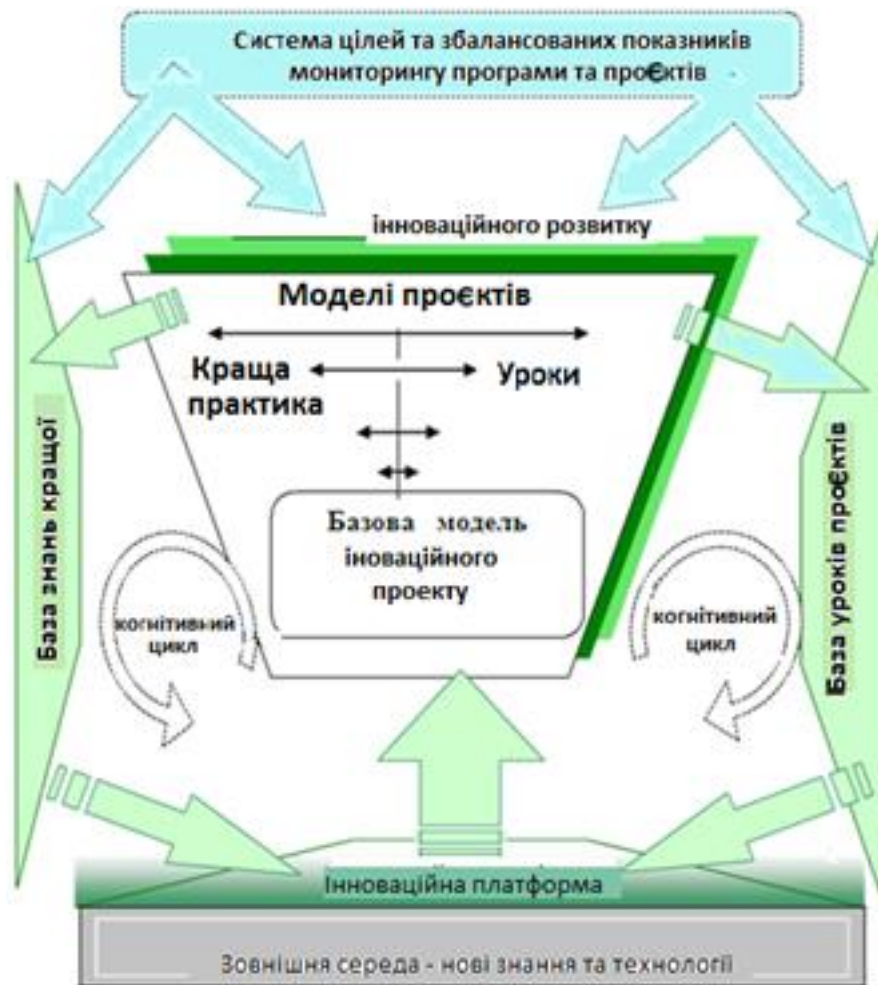


Рисунок 1.2 – Концептуальна модель управління програмами інноваційного розвитку систем енергозбереження [4]

Основні концептуальні положення підвищення енергоефективності нерационального використання матеріальних ресурсів в металургії:

а) здійснення комплексу організаційно-технічних заходів, наведення ладу (вдосконалення управління) – це корінне поліпшення системи обліку і контролю витрати ПЕР на усіх рівнях виробництва (повніший моніторинг енергоспоживання), координація дій різних служб і виробництв, велика частота профілактичних ремонтів устаткування, підвищення рівня підготовки фахівців і тому подібне [6]. Реалізація цих заходів, як правило, дешева та окупається досить швидко, тому їх здійснення є першочерговим завданням;

б) ремонт, налагодження та заміна устаткування. Правильний вибір енергоносіїв. Для кожного процесу потрібний такий енергоносіє, який

забезпечує найбільший енергетичний та економічний ефект. Вид енергоносія вибирають, порівнюючи варіанти та комплексно аналізуючи наступні чинники:

- 1) вимоги з боку технології (зміна якості продукції, що випускається, витрата сировини та ін.);
- 2) економічні відмінності в конструкції і умовах експлуатації устаткування;
- 3) витрати на порівнювані енергоносії;
- 4) наявність необхідного устаткування;
- 5) необхідний період часу для здійснення заміни устаткування;
- 6) економічний ефект від використання вторинних енергетичних ресурсів, витрати на екологічні заходи. Витрати за цими варіантами визначають за формулою (1.1) [7]:

$$Z = \sum KP + BP + EP \cdot P \cdot ZPE - \sum \Delta Zi, \quad (1.1)$$

де KP – капітальні витрати на цю технологічну установку без урахування витрат на установки використання ВЕР;

BP – експлуатаційні витрати без енергетичної складової;

EP – питома витрата енергоресурсів;

P – річний випуск продукції;

ZPE – приведені питомі витрати на енергоносії;

$\sum \Delta Zi$ – ефект від використання вторинних енергетичних ресурсів.

в) використання та впровадження нових високоефективних енергозберігаючих технологій і устаткування. Це найбільш дорога частина проєктів, яка пов'язана зі значними інвестиціями.

Енергоефективність виробництва відбивається в результативності виробництва через співвідношення результатів виробничої діяльності і витрачених на їх досягнення економічно, технічно і технологічно обґрунтованих об'ємів енергетичних ресурсів в умовах енергозберігаючої та екологічно прийнятної інтенсифікації промислового виробництва. Звідси, суть

процесу підвищення енергоефективності виробництва полягає в зниженні питомих витрат енергоносіїв на виробництво продукції, в раціоналізації режимів використання енергії, зміні структури енергоспоживання, підвищення екологічної ефективності виробництва.

1.2 Сучасний стан металургійного комплексу в Україні та комплексний підхід до проблеми енергозбереження

Металургійний комплекс та його підприємства відносяться до базових галузей промисловості. У країнах, що розвиваються за усталеною традицією металургія, представляють видобувну галузь, підприємства 2 – 3 технологічного укладу все ще вважаються базовими і до цього є досить вагомі причини. Так, один з провідних російських учених д.е.н., професор А. Адамеску зазначає, що "чорна металургія як одна з базових галузей промисловості на всіх етапах розвитку країни надавала та продовжує впливати певним чином на розвиток і розміщення продуктивних сил" [8].

Гірничо-металургійний комплекс України залишається одним із базових елементів економіки держави. Більше 40% валюти надходило в державу від металургів. З діяльністю МК мають прямий та зворотний зв'язок енергетика, вуглевидобуток, машинобудування, будівництво, фінансова сфера і т.п. Зазначені та багато інших галузей спираються та працюють на металургійну промисловість. Сьогодні галузь забезпечує близько 500 тисяч робочих місць в найбільш густонаселених регіонах України. Донедавна металургійна промисловість України за обсягами виробництва займала сьоме місце в світі.

Металургія – основний донор бюджету, головний постачальник валюти в Україну. У докризовий період частка МК у валовому внутрішньому продукті України становила 27%.

Експорт чорних металів з України в фізичному і грошовому вимірах в 2010-2017 роках відображав стабільний та значний ріст. Протягом цього

періоду виробництво та експорт чорних металів збільшилися, що відобразилося в зростанні як фізичних обсягів, так і грошової вартості експорту, рисунок 1.3.



Рисунок 1.3 – Експорт чорних металів з України в фізичному і грошовому вимірах в 2010-2017 роках [4]

В Україні є ряд переваг, які сприяють розвитку металургійного комплексу:

- близькість розміщення потрібної сировини (коксівне вугілля, марганцева та залізна руда, вапняк, а також запаси руди кольорового металу);
- тісний перетин інфраструктурних шляхів між родовищами;
- наявність джерел водопостачання, таких як Дніпро і його водосховища;
- велика кількість металобрухту;
- висококваліфікована робоча сила;
- велика кількість електростанцій, в тому числі атомних, які забезпечують підприємства необхідною електроенергією.

Через застарілі технології та обладнання чорна металургія є досить-таки витратною галуззю для країни. Для її підтримки потрібно близько 20% електроенергії та 30% палива, що добувається в країні. Це є головною

причиною, оскільки всі підприємства розташовані максимально близько до джерел сировини.

З огляду на багатофакторність проблеми енергозбереження в Україні потрібно широкомасштабна робота по збору матеріалів та проведення укрупненого аналізу стану ефективності споживання енергоресурсів по всій країні, галузям та ЖКГ, з метою визначення основних втрат і наявності резервів. Необхідна наявність державної програми з розвитку енергозбереження.

Складність проблеми енергозбереження визначає необхідність застосування системного аналізу, дослідження динаміки та оптимізації енергетичних балансів, математичного моделювання енергоспоживання. Системний підхід в аналізі енерговитрат, енергетичних потоків, в тарифній політиці дозволяє вибрати основні, концептуальні напрямки енергозбереження на підприємстві, вести оцінку економічної ефективності обраної політики і вносити необхідні корективи з урахуванням мінливих пріоритетів.

Найбільші резерви економії енергоресурсів в металургії укладені в реалізації наступних завдань [9]:

- комплексне використання сировини для зниження витрат в гірничодобувному напрямку;
- більш широке використання техногенних ресурсів, в першу чергу, відходів;
- підвищення якості металу (установка агрегатів «піч-ківш», вакууматору);
- подальше збільшення виробництва прокату з поліпшеними характеристиками міцності і захисними властивостями;
- більш повне використання ресурсів брухту і вторинної сировини;
- переклад існуючих заводських котелень на комбіноване вироблення теплової та електричної енергії;
- зниження теплових втрат;

- використання тепла охолодження агломерату в технологічному процесі;
- виплавка сталі киснево-конвертерним та електросталепла-вильним способами;
- збільшення обсягу безперервного розливання сталі.

При цьому основними напрямками підвищення енергоефективності в металургії є:

- розробка та вибір найменш енергоємного до кінцевого продукту технологічного ланцюжка;
- економія найбільш дефіцитних видів палива та електроенергії;
- інтенсифікація теплової роботи та теплообміну;
- поліпшення екологічних обставин та умов праці.

Основними завданнями реструктуризації підприємств чорної металургії є:

- структурна перебудова основних технологічних переділів, спрямована на підвищення ефективності виробництва;
- впровадження нового технологічного обладнання, матеріало- та енергозберігаючих технологій;
- підвищення якості продукції та розширення її асортименту;
- розвиток сировинної бази з вибором оптимальних варіантів поставки сировинних ресурсів;
- реалізація заходів з охорони навколишнього середовища.

Ці завдання та їх реалізація визначаються економічними і технічними можливостями підприємств, наявністю і розміщенням сировинної бази, розвитком інфраструктури ПЕК, географічним розташуванням підприємства щодо ринків збуту і т.п.

1.3 Управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах

На розвиток господарюючих суб'єктів в нашій країні істотний негативний вплив становить висока частка енергетичних витрат у виробництві, яка на промислових підприємствах складає в середньому 8-12% [10] та має стійку тенденцію до зростання у зв'язку з великим моральним та фізичним зносом основного обладнання і значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів.

Однією з умов зниження витрат на промислових підприємствах та підвищення економічної ефективності виробництва в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів [11]. Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку економіки можливий тільки при формуванні та подальшій реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методологічної та методичної бази. Відкладання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значних економічних збитків підприємствам та негативно відображається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації [11]. Крім цього, подальше зростання витрат в промисловості та інших галузях народного господарства супроводжується зростаючим дефіцитом фінансових ресурсів, що затримує оновлення виробничої бази підприємств відповідно до досягнень науково-технічного прогресу.

Загальною характерною рисою інвестиційного процесу в країні продовжує залишатися його послідовне скорочення [11]. Це призводить до морального та матеріального старіння обладнання. Однією з найбільш гострих проблем для металургії стає проблема виробничого інвестування, низька привабливість якого визначається жорсткими умовами фінансування, тривалою окупністю капітальних вкладень та високим ризиками, які супроводжують довгострокові вкладення [12].

1.4 Алгоритм формування оптимальних планів інвестицій в енергозбереження

З урахуванням виявлених особливостей управління енергозбереженням та ознак, яким повинні відповідати заходи запропонований алгоритм формування інвестиційного портфеля енергозберігаючих заходів в межах доступного фонду капіталовкладень, що полягає в наступному:

- перед виявленням енергозберігаючих заходів та подальшим включенням їх в інвестиційний портфель проводиться аналіз та оцінка роботи енергетичного господарства шляхом обстеження об'єктів енергоспоживання, збору і обробки документальної інформації про споживаних паливно-енергетичних ресурсах на підприємстві на основі технічного та енергетичного обліку. Підтверджується технічна доцільність енергозберігаючих рішень (досліджується історія енергообладнання, поточний технічний стан, істотно важливі параметри роботи енергооб'єкта та результати енергетичного дослідження, які свідчать про необхідність проведення заходів);

- на основі зібраної документальної інформації і даних обстеження визначаються фактичні показники енергоефективності та резерви енергозбереження об'єктів, охоплених системою енергоменеджменту. За результатами аналізу отриманої інформації виявляються можливі напрямки енергозбереження ($n_{11} \dots n_{nm}$) і формується банк ідей з енергозбереження, в який заносяться тільки ті заходи, які забезпечують зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів та підвищення енергоефективності виробництва;

- на наступному етапі проводиться ранжування можливих енергозберігаючих заходів за ступенем важливості виходячи із стратегічних і тактичних цілей діяльності підприємства, визначаються витрати на їх реалізацію (K_{nij}) з подальшим розрахунком внутрішньої норми прибутковості (ВНД) по кожному обраному заходу і сортування їх по спадаючій ВНД;

– за результатами ранжування проводиться порівняння показників ВНД кожного обраного енергозберігаючого заходу із середньозваженою ціною капіталу (WACC) і виключаються всі n_{ij} заходи, що не задовольняють умові ВНД n_{ij} WACC;

– формування інвестиційного портфеля відбувається з урахуванням доступного фонду капіталовкладень, що враховує можливі джерела фінансування та обмеження на можливість виділення необхідних фінансових ресурсів. В інвестиційний портфель включаються ті енергозберігаючі заходи з урахуванням ранжирування по спадаючій ВНД, які в сумі не перевищують вільний доступ до фонду капіталовкладень (F), тобто виконується за формулою (1.2):

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^t Kn_{ij} < F \quad , \quad (1.2)$$

1.5 Висновок за розділом 1

Теоретичні підходи до управління процесами енергозбереження на металургійних підприємствах відіграють важливу роль у досягненні ефективного використання енергетичних ресурсів і зниженні витрат на енергію. В ході аналізу було виявлено, що на сучасних металургійних підприємствах реалізуються різні теоретичні підходи до управління процесами енергозбереження.

Однак, необхідно враховувати специфіку металургійного виробництва та індивідуальні особливості підприємства для вибору найбільш оптимального підходу. Таким чином, впровадження теоретичних підходів до управління процесами енергозбереження може сприяти покращенню енергетичної ефективності, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпеченню стабільного функціонування металургійного підприємства.

2 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

2.1 Основні напрямки підвищення енергетичної ефективності на металургійних підприємствах

Одним з можливих методів обґрунтування та вибору напрямку підвищення енергетичної ефективності як підприємства в цілому, так і окремих його структурних підрозділів, є розробка і подальший аналіз енергетичного балансу підприємства. Енергетичний баланс (енергобаланс) відображає стан енергетичного господарства підприємства і показує повне кількісне співвідношення між сумою підведеної енергії (прибуткової частиною) і сумою корисної енергії і втрат [13].

Прибуткова частина енергобалансу характеризує сукупність видів енергетичних ресурсів, що надходять на підприємство в кількісному виразі, а видаткова частина містить перелік всіх статей витрат енергетичних ресурсів, включаючи її втрати при транспортуванні, використанні та перетворенні.

Розробка енергобалансу промислового підприємства дозволяє вирішувати такі основні завдання:

- оцінка стану енергетичного господарства та ефективність використання енергетичних ресурсів, виявлення та шляхи усунення причин втрат енергетичних ресурсів;
- виявлення та оцінка резервів економії енергетичних ресурсів і розробка заходів, спрямованих на зниження їх втрат;
- оптимізація режимів роботи технологічного та енергетичного обладнання, спрямована на підвищення енергетичної ефективності підприємства;
- визначення оптимального розміру енергоспоживання в виробничих процесах і установках;
- вдосконалення методики нормування та розробка ефективних норм витрати енергоресурсів, які витрачаються на виробництво продукції;

- визначення вимог до системи обліку і контролю витрат енергоресурсів;
- отримання інформації для впровадження нового обладнання та модернізації виробничого процесу з метою зниження енергетичних витрат;
- вибір оптимальних напрямів підвищення енергетичної ефективності підприємства, а також розробка методів стимулювання раціонального використання енергоресурсів на підприємстві.

Таблиця 2.1 – Класифікація енергетичних балансів промислового підприємства [4]

Ознаки класифікації енергетичних балансів підприємства	Види енергетичних балансів підприємств	Характеристика
1	2	3
По об'єктах енергоспоживання	Енергобаланс підприємства, виробництва, цеху, ділянки, будівлі, одиниці обладнання (Агрегату, установки)	Розрізняються по об'єктах аналізу енергоспоживання. Кожен конкретний вид вибирається виходячи з тих чи інших цілей складання енергобалансу.
За цільовим призначенням	Енергобаланс технологічний енергобаланс	Складається по основних і допоміжних технологічних ліній підприємства
	Енергобаланс санітарно-технічних потреб	Енергобаланс опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та освітлення
За сукупністю видів енергетичних потоків	Енергобаланс по сумарному споживання енергоресурсів	Енергобаланс складається з сукупності всіх енергетичних ресурсів, споживаних підприємством
	Енергобаланс по окремих видів і параметрам споживання енергоресурсів	Складається окремо за кожним видом або параметру енергетичного ресурсу.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
За часом розробки	Звітні енергобаланси	Складаються за звітами, фактичним даним за минулий період
	Планові енергобаланси	Складаються на найближчий період, що планується з урахуванням зниження норм витрати енергетичних ресурсів
	Проектні енергобаланси	Складаються під час розробки будь-якого проєкту на підприємстві
	Перспективні енергобаланси	Складаються на прогностичний період з урахуванням кардинальних змін у технології, організації виробничого процесу і енергетичного господарства підприємства
За способом розробки	Досвідчений енергобаланс	Складається з фактичними вимірами параметрів і витрат енергетичних ресурсів
	Розрахунковий енергобаланс	Складається на підставі розрахунку енергоспоживання даного об'єкту
	Дослідно-розрахунковий енергобаланс	Складається з використанням як фактичних замірів, так і розрахунків
За формою складання	Синтетичний енергобаланс	Показує розподіл підведених енергоносіїв всередині підприємства або окремих його об'єктів
	Аналітичний енергобаланс	Визначає глибину і характер використання енергетичних ресурсів і складається з поділом загальної витрати енергоресурсів на корисний витрата і втрати енергоресурсів

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Ознаки класифікації енергетичних балансів підприємства	Види енергетичних балансів підприємств	Характеристика
За якісною ознакою	Раціональний енергобаланс	Відповідає рівню використання енергетичних ресурсів з урахуванням заходів по зниженню витрати енергії без реконструкції основного обладнання внаслідок проведення окремих заходів по реалізації виявлених резервів економії
	Нормалізований (нормативний) енергобаланс	Відповідає рівню використання енергетичних ресурсів, відповідний науково-обґрунтованим нормам витрати
	Оптимальний енергобаланс	Складається по заданому критерію оптимізації, як правило, в цілому для промислового підприємства

Вихідна інформація, необхідна для складання та аналізу енергобалансу на підприємстві, являє собою, як правило, такі дані: загальна виробнича і енергетична характеристика підприємства; опис схем матеріального і енергетичного потоків; перелік і характеристика основного енергоспоживаючого обладнання; величина витрат на енергоресурси; загальний стан підприємства в області раціоналізації використання енергоресурсів на підприємстві і т.п.

Етапи аналізу енергетичного балансу промислового підприємства показані на рисунку 2.1.

Крок 1	Оцінка поточного стану енергетичного господарства та споживання енергоресурсів на підприємстві
Крок 2	Визначення ділянок підприємства з нераціональним використанням енергоресурсів
Крок 3	Визначення можливих заходів з підвищення енергетичної ефективності
Крок 4	Розрахунок економічних показників проектів енергозбереження
Крок 5	Вибір проектів з урахуванням інвестиційних ресурсів
Крок 6	Контроль за порядком виконання енергозберігаючих заходів

Рисунок 2.1 – Етапи аналізу енергетичного балансу промислового підприємства [4]

При аналізі структури прибуткової та видаткової частин енергетичного балансу розкривається специфіка споживання енергії та ефективність використання енергетичних ресурсів порівняно з аналогічними підприємствами за однакових умов. Крім того, визначаються можливі шляхи зміни структури енергетичного балансу. Аналіз структури споживання купованих та виробничих енергетичних ресурсів, а також їх вартості дозволяє визначити відсотковий внесок кожного ресурсу у кінцеву собівартість продукції і дослідити структуру конкретного енергетичного ресурсу в загальній системі енергоспоживання. Основні організаційно-технічні заходи з енергозбереження на промисловому підприємстві можна класифікувати наступним чином:

- зниження споживання енергетичних ресурсів;
- заміщення використовуваних енергетичних ресурсів іншими джерелами енергії;
- підвищення коефіцієнта використання енергетичних ресурсів.

Однак, при визначенні енергетичної та відповідно економічної ефективності проведених енергозберігаючих заходів необхідно враховувати

ряд факторів, які можуть призводити до збільшення споживання енергетичних ресурсів, але при цьому вдосконалювати виробничий процес та підвищувати якість продукції, що випускається.

До факторів, які підвищують питому витрату енергетичних ресурсів, необхідно, перш за все, віднести заходи з охорони навколишнього середовища, підвищення безпеки і надійності технологічного обладнання, а також якісне або кількісне зміна споживчих властивостей продукції підприємства.

Разом з тим, за виглядом та складом одержуваного економічного ефекту всі енергозберігаючі заходи можна розділити на наступні групи:

- заходи в системі енергопостачання підприємства, які не впливають на виробничий процес. Економічний ефект при реалізації даного виду досягається за рахунок скорочення енергетичних втрат та витрат виробництва, передачі і розподілу енергетичних ресурсів на ТЕЦ і котелень, в компресорних і холодильних установках і т.п; в теплових, електричних та інших енергетичних мережах, в трансформаторах іншому обладнанні, що транспортує, перетворює і акумулює енергетичні ресурси;

- заходи в системі енергопостачання, що впливають на виробничий процес. При проведенні таких заходів може помінятися кількість та якість енергетичних ресурсів, переданих з системи енергопостачання в систему енергокористування, в результаті реконструюється або інтенсифікується виробничий процес. Економічний ефект в цьому випадку досягається за рахунок економії енергетичних ресурсів і скорочення витрат при виробництві, передачі та розподілі енергії, а також як якісне, так і кількісне покращення самого виробничого процесу (збільшення обсягу випуску продукції, підвищення якості продукції, скорочення витрат матеріалів, зниження питомих енергетичних витрат);

- заходи в системі енергокористування, які не впливають на технологічний процес. До таких заходів належать усі роботи у допоміжних системах забезпечення основного технологічного процесу (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, освітлення), а також у допоміжних цехах і

службах підприємства, якщо вони безпосередньо не впливають на основний технологічний процес. Економічний ефект в таких випадках досягається за рахунок економії енергії у допоміжному виробництві, скорочення експлуатаційних витрат в основному і допоміжному виробництві;

- заходи в системі енергокористування, що впливають на технологічний процес. В системі енергокористування таких заходів значна кількість, так як енергоспоживаюче обладнання та агрегати безпосередньо задіяні у виробничому процесі. Економічний ефект в такому випадку досягається за рахунок економії енергетичних ресурсів і скорочення експлуатаційних витрат в основному виробництві;

- заходи, що підвищують надійність роботи енергоустановок. Дані заходи можуть бути здійснені як в системі енергопостачання, так і в системі використання електроенергії. Економічний ефект в такому випадку визначається за рахунок скорочення збитку від неякісного енергопостачання (збої в енергопостачанні, відхилення параметрів енергії від заданих і необхідних в технологічному процесі) [14].

2.2 Моделювання та прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства

Для обґрунтування прогнозів у сфері енергоспоживання промислових підприємств необхідно проведення оцінювальних аналітичних розрахунків з використанням досить широкої статистичної інформації. Залежність рівня об'єктивності прогнозних ТЕБ промислових підприємств від вірогідності перспективної поточної інформації повинна перевірятися в розрахунках. Трудомісткість та методична складність такої роботи залежить від наявності добре організованої системи підготовки та верифікації необхідної інформації. Однак створення таких спеціалізованих систем на рівні підприємства поки не регламентовано.

Складний характер взаємодії ринкових, технологічних, соціальних,

політичних факторів зумовлює принципові труднощі отримання надійних довгострокових прогнозів.

Найважливішим фрагментом прогнозу для металургійного виробництва є галузь електроенергетики, що обумовлено найбільшою універсальністю електроенергії, що супроводжується розширенням сфер її застосування та заміщенням інших енергоносіїв, що обумовлено низкою факторів: екологічними перевагами, підвищенням керованості процесів енергоспоживання, технологічними і технічними перевагами, т.н. Тому цілком очевидно, що оцінка електроспоживання та розробка електробалансу повинні бути пов'язані з іншими основними одно продуктовими балансами – по теплоенергії, газу, вугіллю в інші види енергоресурсів [15]. Тому оцінку перспективного електроспоживання слід розглядати як першорядний етап формування перспективного ТЕБ металургійного підприємства, в рамках якого здійснюється взаємозв'язок всіх енергобалансів.

Трансформація структури енергоспоживання повинна відбуватися в результаті істотного скорочення загальної енергоемності виробництва та особливо палива та теплоємності. Зазначені тенденції в цілому є загальними для всіх підприємств країни. Згідно зі схемою (рисунок 2.2) енергоспоживаюча система підприємства включає блоки енергобалансу за видами палива та енергії.

Кожен блок являє собою економіко-математичну модель, що описує найбільш суттєві технологічні закономірності енергоспоживання підприємства. Внутрішня структура блоків різна, але принципи формування кожного з них однозначні: ідентифікація взаємозв'язків енергоспоживання з економічним зростанням. При цьому в структурі енергоспоживання ТЕБ електроенергію розглядають спільно з конкуруючими енергоносіями.

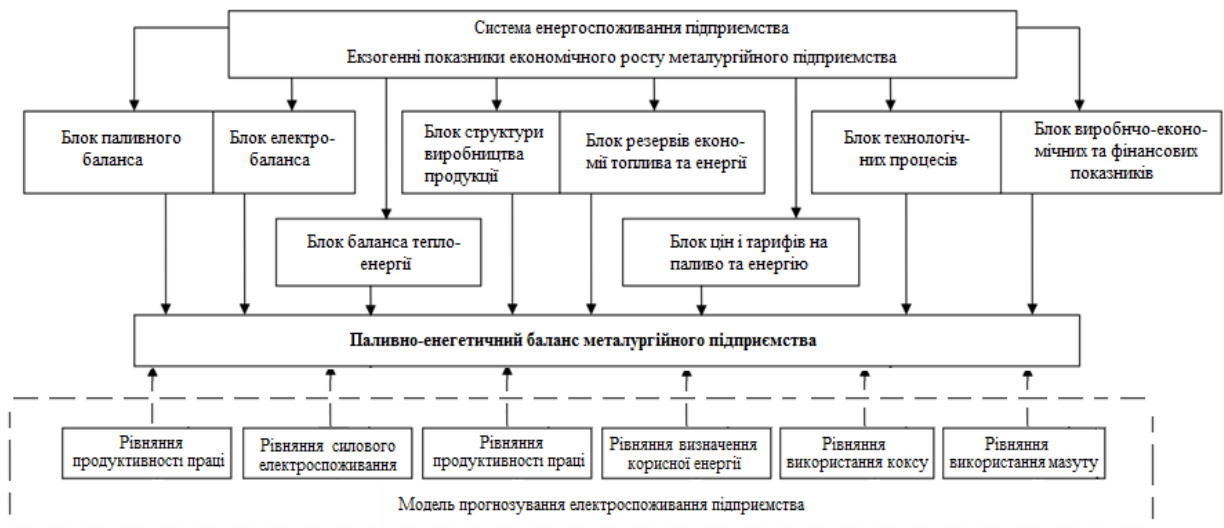


Рисунок 2.2 – Концептуальна модель розвитку енергоспоживчої системи промислового підприємства [4]

Для моделювання різних варіантів темпів зростання продуктивності праці в блоках підприємства задані обмеження по використанню трудових ресурсів. Енергоспоживча система підприємства змодельована в агрегованому вигляді, що відповідає особливостям довгострокового прогнозування на період 20-30 років. Такий прогноз доцільний для перспективних оцінок кардинальних структурних зрушень в енергоспоживчих системах металургійного підприємства.

У моделях окремих блоків присутні основні енергоносії, які мають відносну взаємозамінність в рамках підприємства. У розглянутій схемі в структуру енергоспоживання підприємства відповідно до господарської спеціалізації включені електрична і теплова енергія, кокс, вугілля, топковий мазут, природний газ. Паливо прямого спалювання поділене на енергетичне і технологічне. У схемі такі взаємозв'язки реалізуються безпосередньо в ТЕБ, між виробництвом та споживанням.

При розробці економіко-математичної моделі енергоспоживання металургійного підприємства були прийняті наступні умови:

- включення в модель тільки основних енергоносіїв, які використовуються на металургійних підприємствах та здатних в певних межах

до взаємозаміни при задоволенні заданих виробничих потреб: електроенергії, природного газу, топкового мазуту, вугілля і металургійного коксу;

- важливими чинниками підвищення продуктивності праці та економії трудових ресурсів на підприємстві є розширення сфери використання електроенергії та природного газу в технологічних високотемпературних процесах, а також електрифікація силових процесів (механізація і автоматизація);

- Одним із основних напрямків розвитку енергоспоживання у майбутньому є поступове заміщення топкового мазуту природним газом і електроенергією у різних пропорціях. природного газу - електроенергією і вугіллям; скорочення витрат доменного коксу за рахунок більш широкого застосування природного газу;

- переважна частка теплової енергії високого потенціалу споживається на підприємствах головним чином при виробництві чавуну, переробці нафти. Треба враховувати, що ці виробництва в сукупності використовують 70% загальних корисних витрат високо потенційної енергії в промисловості [16];

- на збільшення технологічного електроспоживання впливає зростання масштабів високо електромістких виробництв. Серед таких виробництв можна виділити отримання алюмінію, електросталі, хімічних волокон, синтетичного каучуку. Зростання силового електро-споживання залежить від розвитку прокатного виробництва та паливної промисловості [17].

2.3 Оцінка обсягів та ефективності управління енергоспоживанням металургійного підприємства

Для опису процесу виробництва, передачі або споживання енергії, оцінки потенціалу енергозбереження на різних об'єктах (таких як установки, цехи, підприємства, житлові райони, регіони, держави) і обґрунтування

правильності вибору заходів щодо енергозбереження, застосовуються критерії енергетичної ефективності.

Критерій – це деяка, досить загальна характеристика процесу, яку можна виразити в чисельній формі. Критерій повинен володіти універсальністю [18].

При розгляді енергії ми маємо справу з різними фізичними процесами, такими як вироблення, перетворення, зберігання, передача на різні відстані і споживання. Різні види енергії, такі як теплова, електрична і механічна, відрізняються за своїми характеристиками. Фізичні процеси виробництва та споживання енергії також дуже різноманітні, включаючи спалювання палива, плавлення, термічну обробку металів, різні методи обігріву будівель, випарювання, сушку, перегонку, ректифікацію та багато інших. Очевидно, для опису цього різноманіття процесів необхідно використовувати не один, а кілька різних критеріїв.

Показник енергоефективності – абсолютна або питома величина споживання або втрати енергетичних ресурсів будь-якого призначення, встановлена державними стандартами. Мета показників ефективності використання енергії – установка орієнтирів, до яких потрібно прагнути, виявлення слабких місць у витрачанні енергії, визначення резервів. Один з таких орієнтирів – теоретично необхідна кількість енергетичних ресурсів для проведення того чи іншого процесу. Теоретично необхідні витрати теплової енергії для отримання механічної енергії можна визначити через термічний ККД циклу Карно.

Витрати тепла на нагрів деталі перед термічною обробкою обчислюються як добуток різниці початкової та кінцевої температур на теплоємність і масу матеріалу деталі. Витрати на плавлення металу – як добуток питомої теплоти плавлення на його масу і т.п.

Однак використовувати цей орієнтир на практиці не завжди представляється можливим оскільки теоретичні витрати енергії з різних причин буває важко визначити.

У сушильній установці витрати тепла на сушку матеріалу не можуть бути завжди виражені тільки через теплоту пароутворення. Відомо, що існує енергія зв'язків вологи та матеріалу, які може мати різну фізичну природу. Волога може утримуватися капілярними силами, силами сорбції, можуть виникати хімічні зв'язки, як в кристалогідратів і т.п. [19].

Тоді для видалення вологи до кінцевого стану можуть знадобитися додаткові витрати енергії, кількість яких залежить від виду матеріалу, його початкової вологості і т.п. Те ж стосується поділу в ректифікаційної установки багатокомпонентної суміші, з невідомими властивостями. Проте, оскільки теоретичні витрати тепла на випаровування вологи близькі теоретичним витрат тепла на сушку їх часто використовують для характеристики ефективності процесу.

Критерій найчастіше в повному обсязі відображає ефективність процесу використання енергії, а лише дає інформацію для його аналізу.

На практиці використовуються велика кількість різних критеріїв, які застосовуються в різних випадках. Основні типи критеріїв термодинамічні, натуральні, економічні. Деякі з них наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Типи критеріїв та показників ефективності енергозберігаючих заходів [4]

Назва	Тип	Математичний вираз
Коефіцієнт корисного використання тепла	Термодинамічний	Відношення
Енергетичний ККД	Термодинамічний	Відношення корисно використаної енергії до її витрати
Питома витрата палива (теплової, електричної енергії) на одиницю продукції, що випускається	Питомий натуральний	Відношення корисно використаної енергії до її витрати
Питома витрата палива (теплової, електричної енергії) на одиницю переробленої сировини	Питомий натуральний	

Продовження таблиці 2.2

Назва	Тип	Математичний вираз
Питома витрата палива (теплової, електричної енергії) на одиницю вартості продукції, що випускається	Питомий натуральний	
Річний (місячний, добовий і т. п.) Витрата енергоресурсів на підприємстві, регіоні в у.т. або в тоннах первинного умовного палива	Питомий натуральний	
Термін окупності	Економічний	
Чиста сучасна вартість	Економічний	
Коефіцієнт чистої приведеної вартості	Економічний	
Частка витрат на енергетичні ресурси в собівартості продукції	Економічний	

Термодинамічні критерії є важливою складовою в області термодинаміки та використовуються для оцінки та характеристики фізичних систем з точки зору їхніх термодинамічних властивостей. Термодинамічні критерії можуть бути використані для опису фазових переходів, визначення енергетичної ефективності процесів, встановлення меж стабільності системи та багато іншого. Вони надають об'єктивну міркування та критерії для аналізу та порівняння фізичних систем.

Ці критерії базуються на принципах термодинаміки і дозволяють зрозуміти, як система реагує на зміни умов. В якості такого критерію можна використовувати:

- термічний ККД циклів теплових двигунів (цикли паротурбінних, газотурбінних, парогазових установок, двигунів внутрішнього згорання) і холодильних машин;
- натуральні критерії оцінки ефективності використання енергії на промислових підприємствах;
- питома та сукупна питома приведена витрата умовного палива;

- індикатори (приватні критерії) ефективності використання енергії на об'єктах металургійних підприємств;
- економічні критерії оцінки ефективності використання енергії.

Форми, які використовують критерії ефективності енергії на промислових підприємствах дуже різноманітні. Часто це визначається видом одержуваної продукції, її номенклатурою, ступенем використання власних та зовнішніх джерел енергії, споживання вторинних енергетичних ресурсів, виділення внутрішнього тепла в технологічних процесах (наприклад, теплоти екзотермічних реакцій) і т.п. Слід мати на увазі, що процес з найкращими енергетичними характеристиками не завжди є вигідним економічно.

При розрахунку терміну окупності враховуються капітальні витрати: вартість використовуваних матеріалів та устаткування, проектних робіт, монтажу, пуску в експлуатацію та експлуатаційні витрати: наприклад, витрати на обслуговування встановленого енергозберігаючого обладнання, його ремонту, витратних матеріалів, палива і енергії на його роботу і т.д. Через певний час вартість економії енергетичних ресурсів стане дорівнює вартості капітальних і експлуатаційних витрат. Тоді кажуть, що досягнутий термін окупності.

При розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат необхідний облік інфляції, а також зміни вартості енергетичних ресурсів (а також вартості обслуговування) за час експлуатації. Оскільки рівень інфляції і майбутню вартість енергетичних ресурсів не завжди можна передбачити заздалегідь, на практиці використовуються чотири прогнози розвитку ситуації – наприклад, песимістичний, реалістичний, оптимістичний, кожному з яких відповідають свої значення тарифів. Далі термін окупності розраховується по кожному з цих прогнозів.

За допомогою відповідних математичних методів можна оптимізувати економічні критерії шляхом вибору оптимальних значень режимних і конструкційних параметрів процесу. Це може призвести до значного економічного ефекту.

Залежно від масштабу та значущості заходів (реконструкція, технічне переозброєння, модернізацію, організаційно-технічні заходи) використовуються прості (без урахування фактора часу) або інтегральні (дисконтовані) критерії їх економічної ефективності [20].

Прості критерії доцільно застосовувати при оцінці ефективності маловитратних заходів, що характеризуються наступним:

- одноразов витрати на проведення заходу здійснюються в терміни менше 1 року;
- досягнуті внаслідок проведення заходу техніко-економічні результати і додаткові річні експлуатаційні витрати, викликані впровадженням заходу, залишаються незмінними протягом наступних років експлуатації.

До простих критеріїв слід віднести:

- річний приріст чистого прибутку;
- термін окупності інвестицій.

Перший показник характеризує абсолютне значення прибутку, що залишається в розпорядженні ТЕС, а другий – швидкість повернення вкладених в захід капітальних вкладень.

При розробці великомасштабних заходів слід застосовувати інтегральні критерії, що розраховуються із застосуванням дисконтування.

Дисконтування (приведення) – це облік неоднозначності вартостей протягом розрахункового періоду. Дисконтування витрат і результатів здійснюється шляхом приведення майбутніх витрат і результатів до нинішнього періоду. Сучасна вартість майбутньої суми визначається за допомогою множників, що дисконтуються.

В якості інтегральних критеріїв використовуються:

- чистий дисконтований дохід;
- дисконтований строк окупності інвестицій.

2.4 Висновок за розділом 2

Аналізуючи теоретичні підходи до управління процесами енергозбереження на металургійних підприємствах, можна зробити висновок, що їх впровадження має значний потенціал для поліпшення енергетичної ефективності та сталості таких підприємств. Забезпечення оптимального використання енергетичних ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище є ключовими аспектами цих підходів. Враховуючи специфіку металургійного виробництва, важливо вибрати найбільш оптимальний теоретичний підхід для кожного підприємства, що дозволить досягти максимальної ефективності управління процесами енергозбереження. Впровадження таких підходів може мати значний позитивний вплив на енергетичну ефективність, екологічну сталість та успішність металургійного підприємства.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ

3.1 Реалізація початкової програми на мові Python

В рамках дослідження в області управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах була розроблена програмна реалізація методів управління портфелями проєктів на мові Python. Програма дозволяє виконувати аналіз енергетичної ефективності підприємства та розробляти стратегії управління портфелем проєктів енергозбереження з метою зниження витрат на енергію та підвищення ефективності виробництва. Текст програми наведено нижче:

```
Main.py
```

```
import math
```

```
def calculate_project_score(project):
```

```
    energy_savings_score = project["energy_savings"] * weights["energy"]
```

```
    co2_reduction_score = project["co2_reduction"] * weights["co2"]
```

```
    investment_score = -1 * project["investment"] * weights["investment"]
```

```
    return energy_savings_score + co2_reduction_score + investment_score
```

```
def sort_projects_by_score(projects):
```

```
    return sorted(projects, key=lambda project: project["score"], reverse=True)
```

```
# запитуємо кількість проєктів
```

```
num_projects = int(input("Введіть кількість проєктів: "))
```

```
# запитуємо інформацію про кожен проєкт та зберігаємо її у списку
```

```
projects = []
```

```
for i in range(num_projects):
```

```
    name = input(f"Введіть назву проєкту #{i+1}: ")
```

```
    investment = float(input("Введіть вартість інвестиції($): "))
```

```

    energy_savings = float(input("Введіть обсяг енергії, який буде
заощаджено(MWh): "))

    co2_reduction = float(input("Введіть обсяг викидів CO2, який буде
заощаджено(tonnes): "))

    projects.append({
        "name": name,
        "investment": investment,
        "energy_savings": energy_savings,
        "co2_reduction": co2_reduction,
    })

# встановлюємо вагові коефіцієнти
weights = {
    "energy": 0.5,
    "co2": 0.3,
    "investment": 0.2,
}

# обчислюємо інтегральну оцінку для кожного проєкту та сортуємо їх за
цією оцінкою
for project in projects:
    project["score"] = calculate_project_score(project)
sorted_projects = sort_projects_by_score(projects)

# виводимо результати
print("Результати сортування проєктів:")
for i, project in enumerate(sorted_projects):
    print(f'{i+1}.      {project["name"]}:      інтегральна      оцінка      -
{project["score"]:.2f}')

```

Ця програма реалізує методи управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах. Вона пропонує користувачеві ввести кількість проєктів, інформацію про кожен проєкт (вартість інвестиції, обсяг енергії, який буде заощаджено, та обсяг викидів CO₂, який буде заощаджено) та вагові коефіцієнти для кожного з трьох критеріїв: енергозбереження, зменшення викидів CO₂ та вартість інвестиції.

Для кожного проєкту програма обчислює інтегральну оцінку, яка враховує вагові коефіцієнти та рівень досягнення кожного з критеріїв. Після цього програма сортує проєкти за інтегральною оцінкою та виводить результати на екран.

Програма використовує математичні методи, такі як вагові коефіцієнти та інтегральні оцінки, для управління портфелями проєктів та врахування різних критеріїв.

Щодо технічної реалізації програми, вона була написана на мові програмування Python 3. Для сортування проєктів за інтегральною оцінкою використовувалась вбудована функція `sorted()`, яка сортує список об'єктів за певним ключем. Для зберігання даних про проєкти використовувався словник зі списками значень.

Крім того, було використано деякі стандартні бібліотеки Python, такі як `sys` для зчитування введеного користувачем тексту та `math` для виконання математичних операцій.

3.2 Вибір мови програмування

Python - це високорівнева мова програмування, яка відома своєю простотою, читабельністю та елегантністю коду. Вибір мови програмування Python для реалізації даної програми був обґрунтований декількома факторами:

- синтаксис та простота використання: Python має чистий та зрозумілий синтаксис, що спрощує розробку і з роблює код більш

читабельним. Це особливо важливо для дипломної роботи, де зрозумілість коду та легкість його розуміння є важливими аспектами;

- багата екосистема бібліотек: Python має широкий вибір бібліотек, що спрощує виконання різних завдань, включаючи обробку даних, статистичний аналіз, оптимізацію та візуалізацію. Для даної програми були використані бібліотеки Pandas, NumPy та Matplotlib, які забезпечують потужні інструменти для роботи з даними та візуалізації результатів;

- популярність та підтримка: Python є однією з найпопулярніших мов програмування, що має велику спільноту розробників та активну підтримку. Це означає, що є багато ресурсів, документації та форумів, де можна знайти відповіді на запитання та отримати допомогу;

- платформова незалежність: Python є переносимою мовою програмування, що дозволяє запускати програми на різних операційних системах без необхідності вносити значні зміни у код. Це робить його зручним вибором для розробки програми, яка може бути використана на різних платформах;

- швидкість розробки: Python має вбудовані функції та бібліотеки, які сприяють швидкій розробці програм. Він дозволяє ефективно використовувати структури даних та операції, що прискорює процес розробки.

Нижче, у таблиці 3.1 наведено порівняння критеріїв мов програмування.

Таблиця 3.1 – Критерії мов програмування

Критерії	Мова програмування			
	Python	Java	C++	JavaScript
1	2	3	4	5
Синтаксис та зрозумілість	+	-	-	+
Багата екосистема бібліотек	+	-	-	-
Популярність та підтримка	+	+	+	+
Платформова незалежність	+	-	-	+
Швидкість розробки	+	-	-	+
Продуктивність	-	+	+	+

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Оптимізація та компіляція	-	+	+	-
Використання в наукових областях	-	-	-	+
Використання в веброзробці	+	+	+	+
Використання в аналізі даних	+	-	-	+

Порівняльна характеристика середовищ розробки дозволяє визначити відмінності та переваги різних середовищ, які використовуються для програмування та розробки програмного забезпечення.

Одним з факторів порівняння є доступність та популярність середовища. Наприклад, існують широко використовувані середовища, такі як Eclipse, Visual Studio та IntelliJ IDEA, які мають велику спільноту розробників та розширену підтримку.

Іншим фактором є можливості та функціональність середовища. Деякі середовища надають багато інструментів та розширень, що полегшують розробку, такі як підсвічування синтаксису, автодоповнення коду, дебагери та системи контролю версій.

Нижче наведено таблицю порівнянь характеристик середовищ розробки, див. таблиця 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння характеристик середовищ розробки

Критерії	Середовище розробки			
	PyCharm	Spyder	JupyterLab	Visual Studio Code
1	2	3	4	5
Ліцензія	Apache	MIT	MIT	MIT
Кросплатформність	+	+	+	-
Автозавершення коду	+	+	+	+
Підтримка репозиторіїв	+	+	-	+
Простота встановлення	-	+	+	-
Перевірка та аналіз коду	-	+	+	+

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Швидкий та безпечний рефакторинг коду	+	+	-	+
Наявність інтерактивної консолі	+	+	+	+
Наявність зручного користувацького інтерфейсу	+	+	-	+
Швидкий та зручний пошук	+	+	+	+
Підсвічування синтаксису	+	+	+	+
Підтримка наукових пакетів	+	+	+	+
Наявність функції статичного аналізу коду	+	+	+	+
Потребує малої кількості пам'яті для зберігання	-	+	+	+

Враховуючи всі критерії, Python виявився відмінним вибором для реалізації програми з управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах.

3.3 Висновок за розділом 3

У цій дипломній кваліфікаційній роботі було розроблено програмну реалізацію методів управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах з використанням мови програмування Python. Програма надає зручний інструмент для вибору оптимального портфеля проєктів з урахуванням критеріїв енергоефективності, фінансової доцільності та ризику.

Під час розробки програми було проведено дослідження та аналіз різних методів управління портфелями проєктів. Були використані такі методи, як лінійне програмування та множинний критеріальний аналіз, для визначення ефективних проєктів та оптимального портфеля.

Дана програма може бути використана підприємствами металургійної галузі для планування та управління проєктами енергозбереження. Вона допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо вибору проєктів, що приносять максимальну користь з точки зору енергоефективності та фінансової вигідності

4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ

4.1 Експлуатація програмного засобу

Призначення програми полягає у розрахунку енергозбереження та сортуванні проєктів за інтегральною оцінкою, яка враховує вартість інвестиції, обсяг енергії, який буде заощаджено та обсяг викидів CO₂, який буде зменшено для кожного проєкту.

За допомогою цієї програми можна порівняти енергоефективність різних проєктів та визначити, який з них є найбільш вигідним з погляду вартості та впливу на навколишнє середовище.

Ця програма надає наступні можливості:

- введення інформації про кількість проєктів та їх характеристики: назву, вартість інвестиції, обсяг енергії, який буде заощаджено та обсяг викидів CO₂, який буде зменшено. Користувач може ввести дані для бажаної кількості проєктів;
- обчислення інтегральної оцінки для кожного проєкту на основі заданих вагових коефіцієнтів. Оцінка враховує економічний аспект (вартість інвестиції) та екологічний аспект (обсяг енергії, який буде заощаджено та обсяг викидів CO₂, який буде зменшено);
- сортування проєктів за їх інтегральною оцінкою у зворотному порядку, починаючи з найвищої оцінки. Це дозволяє визначити проєкти з найбільшим потенціалом з економічної та екологічної точок зору;
- виведення результатів у вигляді нумерованого списку, що містить назву проєкту та його інтегральну оцінку.

Мінімальний склад технічних та програмних засобів для виконання даної програми включає наступне:

- комп'ютер або пристрій, який підтримує виконання Python-скриптів;
- встановлений і працюючий інтерпретатор Python;

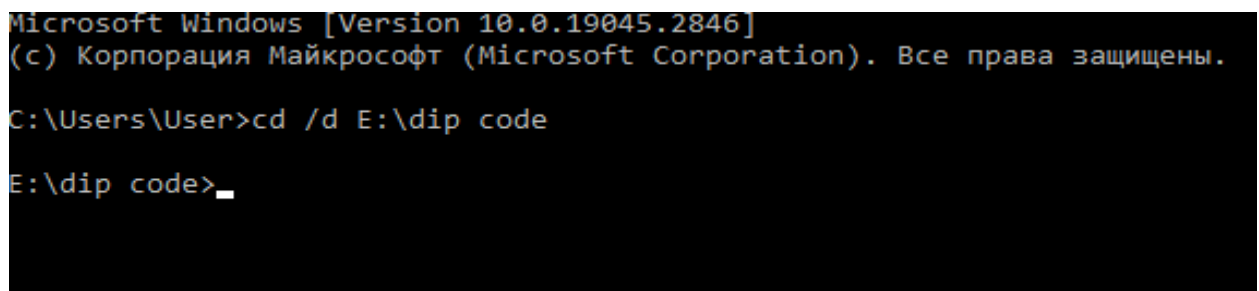
- текстовий редактор або інтегроване середовище розробки (IDE), які дозволяють створювати та редагувати Python-скрипти.

Для виконання даної програми ви можете виконати наступні кроки:

- встановіть Python: Якщо у вас ще немає встановленого Python на своєму комп'ютері, завантажте його з офіційного вебсайту Python (<https://www.python.org>) та встановіть на свою систему, дотримуючись інструкцій для вашої операційної системи;
- відкрийте термінал або командний рядок, перейдіть до каталогу, де збережений файл, і виконайте команду `python main.py`. Програма буде запущена, і вам буде запропоновано ввести необхідну інформацію про проєкти;
- введіть дані про проєкти, введіть кількість проєктів та інформацію про кожен проєкт, згідно з запитам програми;
- перегляньте результати: Після введення всіх даних програма обчислить оцінку для кожного проєкту та виведе результати.

4.2 Тестування функціональності початкової програми

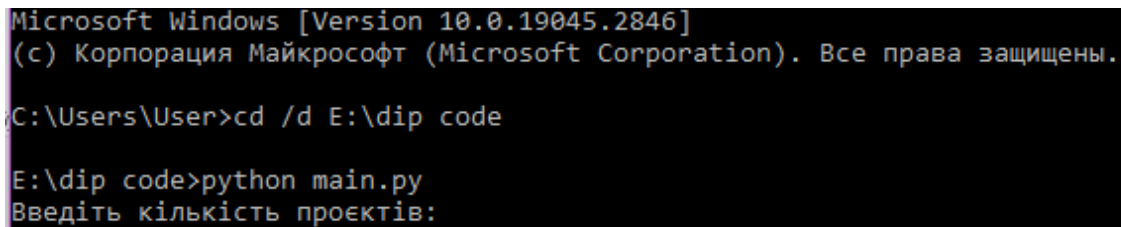
Для початку відкриємо термінал та переходимо до каталогу з файлом, див. рисунок 4.1.



```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]  
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.  
C:\Users\User>cd /d E:\dip code  
E:\dip code>_
```

Рисунок 4.1 – Термінал з командою переходу до каталогу з файлом

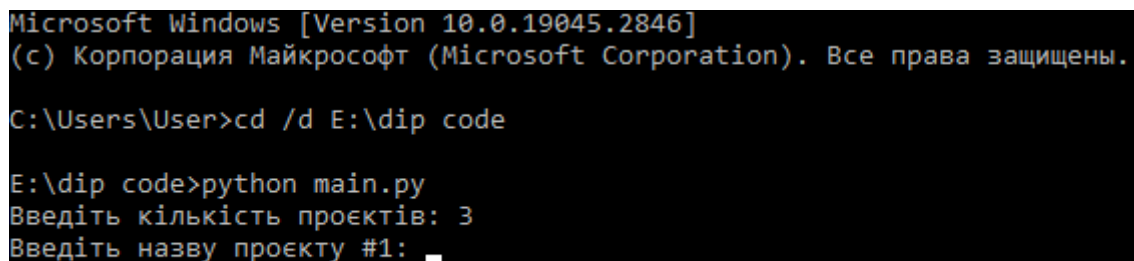
Далі вводимо в термінал команду `python main.py` та виконуємо її за допомогою клавіші Enter, див. рисунок 4.2.



```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]  
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.  
  
C:\Users\User>cd /d E:\dip code  
  
E:\dip code>python main.py  
Введіть кількість проєктів:
```

Рисунок 4.2 – Виконана команда python main.py

У відповідній строці вводимо кількість проєктів. Мінімальна кількість проєктів – 2. Для прикладу буде створено 3 проєкти, див. рисунок 4.3.



```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]  
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.  
  
C:\Users\User>cd /d E:\dip code  
  
E:\dip code>python main.py  
Введіть кількість проєктів: 3  
Введіть назву проєкту #1: _
```

Рисунок 4.3 – Введена кількість проєктів у консольній програмі

Наступним кроком заповнити відповідні пункти – назва проєкту, вартість інвестицій, обсяг енергії та обсяг викидів CO₂. У полі “Кількість проєктів” введіть кількість проєктів відповідно. Мінімальна кількість – 2. Для заповнення поля “Вартість інвестицій” введіть грошову суму у відповідній валюті (\$). У полі під назвою “Обсяг енергії” введіть кількість енергії (MWh) яку буде заощаджено. В полі “Обсяг викидів CO₂” введіть кількість тон CO₂, які будуть заощаджені. Заповнений приклад наведено нижче, на рисунку 4.4.

```

Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\User>cd /d E:\dip code

E:\dip code>python main.py
Введіть кількість проєктів: 3
Введіть назву проєкту #1: Test1
Введіть вартість інвестиції($): 10000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 500
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 2000
Введіть назву проєкту #2: Test2
Введіть вартість інвестиції($): 20000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 1000
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 4000
Введіть назву проєкту #3: Test3
Введіть вартість інвестиції($): 15000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 750
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 3000

```

Рисунок 4.4 – Приклад заповненої форми трьох проєктів

Після заповнення усіх полів даних, програма видає структурований результат найбільш ефективного проєкту з енергозбереження, див. рисунок 4.5.

```

Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\User>cd /d E:\dip code

E:\dip code>python main.py
Введіть кількість проєктів: 3
Введіть назву проєкту #1: Test1
Введіть вартість інвестиції($): 10000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 500
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 2000
Введіть назву проєкту #2: Test2
Введіть вартість інвестиції($): 20000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 1000
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 4000
Введіть назву проєкту #3: Test3
Введіть вартість інвестиції($): 15000
Введіть обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh): 750
Введіть обсяг викидів CO2, який буде заощаджено(tonnes): 3000
Результати сортування проєктів:
1. Test1: інтегральна оцінка - -1150.00
2. Test3: інтегральна оцінка - -1725.00
3. Test2: інтегральна оцінка - -2300.00

```

Рисунок 4.5 – Результат виконання програми

4.3 Тестування готової програми з інтерфейсом

Відкриємо термінал та переходимо до каталогу з файлом, див. рисунок 4.6.

```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2846]  
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.  
  
C:\Users\User>cd /d E:\dip code  
  
E:\dip code>_
```

Рисунок 4.6 – Термінал з командою переходу до каталогу з файлом

Наступним кроком вводимо в термінал команду `python main.py` та виконуємо її за допомогою клавіші Enter, див. рисунок 4.7.

```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2965]  
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.  
  
C:\Users\User>cd /d E:\dip code  
  
E:\dip code>python main.py_
```

Риснок 4.7 – Заповнене поле запуску програми

Після виконання команди відкривається вікно з програмою. На вікні зображені: кнопка “Додати проєкт”, кнопка “Обчислити” та поле виводу результатів, див. рисунок 4.8.

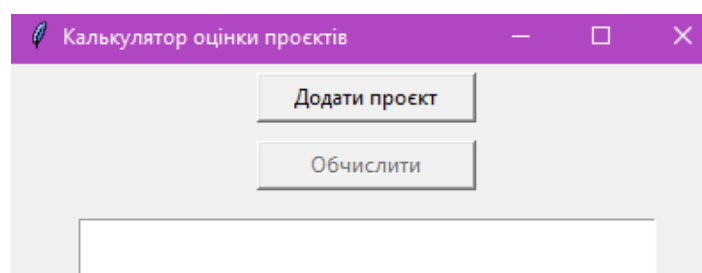
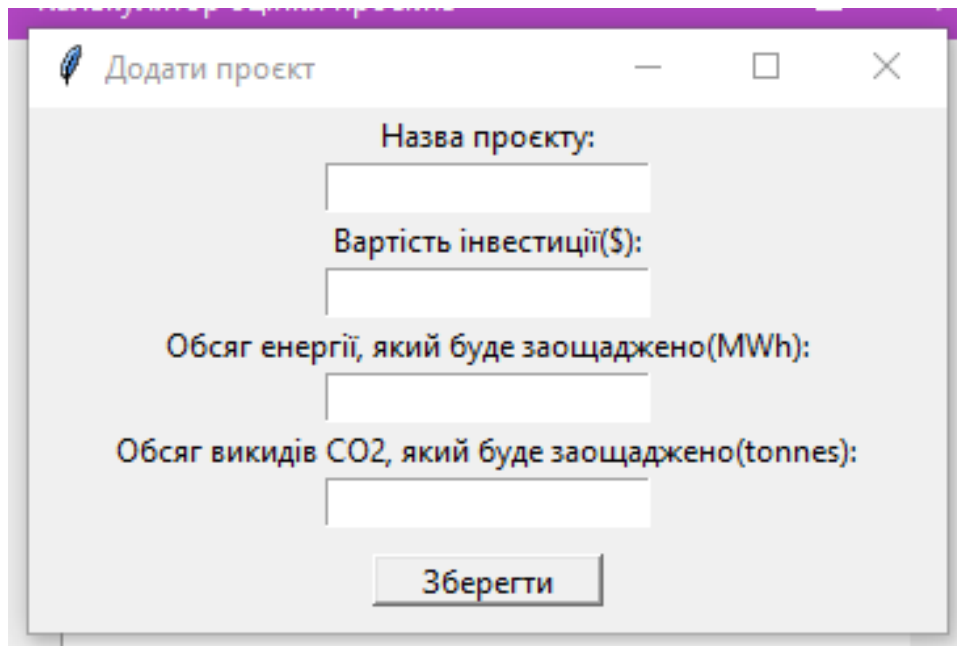


Рисунок 4.8 – Головна сторінка програми

Далі натискаємо кнопку “Додати проєкт”. Встановлено ліміт у мінімальну та максимальну кількість проєктів в кількості трьох. Відкриється нове вікно, в якому знаходиться форма для заповнення. У цій форми вводимо назву проєкту, вартість інвестицій, обсяг заощадженої енергії та обсяг викидів CO₂, див. рисунок 4.9.



The screenshot shows a standard Windows-style dialog box with a title bar that says "Додати проєкт" (Add project). Inside the dialog, there are four vertically stacked text input fields, each preceded by a label in Ukrainian. The labels are: "Назва проєкту:" (Project name:), "Вартість інвестиції(\$):" (Investment cost(\$):), "Обсяг енергії, який буде заощаджено(MWh):" (Amount of energy to be saved(MWh):), and "Обсяг викидів CO₂, який буде заощаджено(tonnes):" (Amount of CO₂ emissions to be saved(tonnes):). At the bottom center of the dialog is a button labeled "Зберегти" (Save).

Рисунок 4.9 – Відкрите вікно з формою для заповнення

Після заповнення форм для трьох проєктів, введені дані будуть відображатися під кнопкою “Обчислити”. Наступним кроком треба натиснути кнопку “Обчислити”.

Структурований результат найбільш ефективного проєкту з’явиться у полі для виводу результатів, див. рисунок 4.10.

Програма виводить інтегральну оцінку кожного з проєктів. Вона може бути як позитивною, так і негативною. Програма сортує виведені результати та виводить найбільш ефективні зверху вниз.

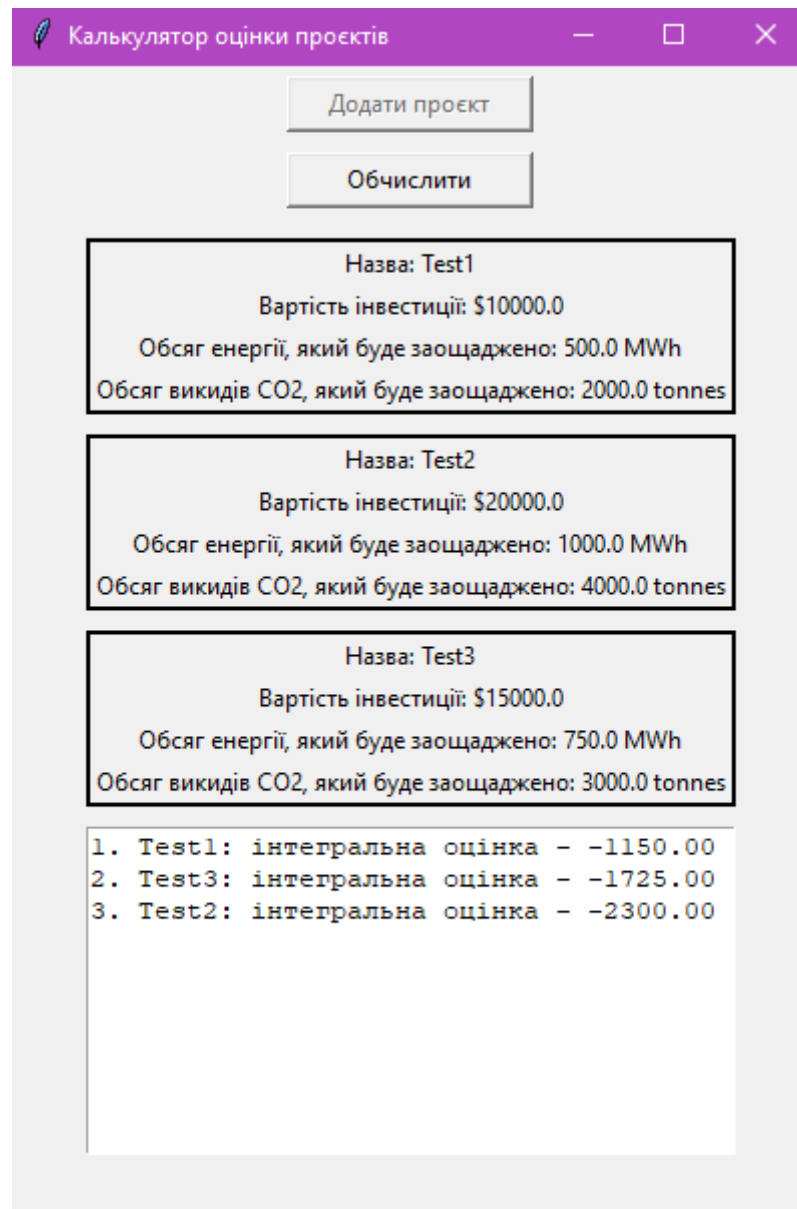


Рисунок 4.10 – Результат виконання програми

4.4 Висновок за розділом 4

Після проведення тестування програми можна зробити висновок, що воно пройшло успішно та відповідає встановленим вимогам та очікуванням. Тестування дозволило виявити та усунути ряд помилок, що сприяло поліпшенню якості та надійності програмного засобу.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній кваліфікаційній роботі була проведена програмна реалізація методів управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах. Метою роботи було розроблення ефективної програмної системи, яка допомагає підприємствам визначати, аналізувати, вибирати та реалізовувати проєкти з енергозбереження з максимальним економічним ефектом.

Для досягнення поставленої мети були використані різноманітні методи та підходи до управління портфелями проєктів енергозбереження. Була проведена аналітична робота, в ході якої вивчалися існуючі методики управління портфелями проєктів, а також особливості металургійного виробництва і його енергетичних систем. На основі отриманих даних було розроблено програмну систему, яка дозволяє ефективно виконувати процеси управління портфелями проєктів з енергозбереження.

Результати проведеної роботи свідчать про ефективність розробленої програмної системи. Вона дозволяє підприємствам відбирати оптимальний набір проєктів з енергозбереження, враховуючи різноманітні критерії, такі як економічний ефект, енергетична потужність, ризики та інші фактори. При цьому система надає можливість проводити ранжування та прогнозування проєктів з метою оптимального використання обмежених ресурсів підприємства.

Розроблена програмна система має потенціал для впровадження на металургійних підприємствах з метою підвищення ефективності енергетичних систем та зменшення витрат на енергопостачання. Вона може стати важливим інструментом для прийняття рішень у галузі енергозбереження, сприяти раціональному використанню ресурсів та забезпечити стале зростання підприємств.

Отже, на основі проведеної роботи можна зробити висновок, що програмна реалізація методів управління портфелями проєктів

енергозбереження на металургійних підприємствах є актуальною та перспективною. Розроблена програмна система допомагає забезпечити ефективність управління енергетичними проєктами, сприяє зниженню витрат та покращенню екологічної стійкості підприємств.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Анализ производственно-хозяйственной деятельности металлургических предприятий : Учебное пособие для вузов. 2-е изд. доп. и перераб. / Юзов О. В, Седых А. М. – М: МИСИС, 2005. - 360 с.
2. Дубровін В. І., Юськів О. І. Структура інформаційної технології управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах. / «Електротехника и электроэнергетика», 2019 р. №2, С. 43-46.
3. Данилов, Н. И. Энциклопедия энергосбережения / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков. Екатеринбург: ИД «Сократ», 2002. – 352 с.
4. Методи та інформаційна технологія управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах / [О. І. Юськів, В. І. Дубровін, Т. О. Баранова, О. О. Дяченко] – Запоріжжя, Запорізький національний технічний університет // 2019 р. – 172 с.
5. Bettinger, D. Efficient Energy Use Pays Off /D. Bettinger, F. Hartl // Metals & Mining. – 2016. – № 2. – S. 5–7.
6. “Energy conservation in metallurgy,” Inform. Byull. Mezhdunarod. Soyuz. Metallurgov, № 9, 1–2 (2015).
7. Dovgjallo, A. I., Dovgjallo, D. A. & Nekrasova, S. O. (2011). Yenergomenedzhment [Energy management].
8. L. A. Koptsev and I. A. Yarpnyntseva, “Modeling fuel consumption at the Magnitogorsk Metallurgical Combine,” Prom. Energetika, No. 5, 2–6 (2004).
9. Карпенко С. М., Карпенко М. С. Оптимизация плана инвестиций в энергосбережение на основе экономико-математического моделирования // Энергобезопасность и энергосбережение – 2014. – № 2.
10. Bettinger, D. Efficient Energy Use Pays Off /D. Bettinger, F. Hartl // Metals & Mining. – 2016. – № 2. – P. 5–7.
11. Дубровін В. І., Юськів О. І. Структура інформаційної технології управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах. / «Електротехника и электроэнергетика», 2019 р. №2, С. 43-46.

12. “Energy conservation in metallurgy,” Inform. Byull.Mezhdunarod.Soyuz.Metallurgov, № 9, 1–2 (2015).
13. Кокшаров В. А. Механизм управления региональной энергетической программой / В. А. Кокшаров // Вестник УГТУ-УПИ. Серия экономика и управление. 2008. № 4. С. 39–46.
14. Методи та інформаційна технологія управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах / [О. І. Юськів, В. І. Дубровін, Т. О. Баранова, О. О. Дяченко] – Запоріжжя, Запорізький національний технічний університет // 2019 р. – С. 52-57.
15. Project portfolio management : a practical guide to selecting projects, managing maximizing benefits / Harvey A. Levine - Wiley – 2013. – 538 P.
16. Методика проведения инструментальных обследований при энергоаудите: Н.Новгород. НИЦЭ, 1998 р., - 80 с.
17. Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов. Сборник методических материалов/ НГТУ. НИЦЭ., Н. Новгород. 2008 – 260 с.
18. Воронин А. Энергоэффективность как фактор экономического роста / А. Воронин // Экономист. 2005. № 8. С. 57–69.
19. Гладкий С. Ю. Анализ инвестиционных проектов газовой и угольной генерации / С. Ю. Гладкий, З. А. Глушкова // Академия энергетики. 2009. № 5 (31). С. 74–79.
20. Головин С. Д. Оценка результатов хозяйственной деятельности промышленных предприятий/ С. Д. Головин. М.: Финансы и статистика, 2006. – 64 с.

ДОДАТОК А
Текст програми

```

import math
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox
from tkinter import simpledialog

projects = []

def calculate_project_score(project):
    energy_savings_score = project["energy_savings"] * weights["energy"]
    co2_reduction_score = project["co2_reduction"] * weights["co2"]
    investment_score = -1 * project["investment"] * weights["investment"]
    return energy_savings_score + co2_reduction_score + investment_score

def sort_projects_by_score(projects):
    return sorted(projects, key=lambda project: project["score"], reverse=True)

def add_project():
    if len(projects) >= 3:
        messagebox.showinfo("Помилка", "Досягнуто максимальну кількість проєктів.")
    return

    dialog = simpledialog.Toplevel(window)
    dialog.title("Додати проєкт")
    dialog.geometry("350x200")

    name_label = tk.Label(dialog, text="Назва проєкту:")
    name_label.pack()
    name_entry = tk.Entry(dialog)
    name_entry.pack()

    investment_label = tk.Label(dialog, text="Вартість інвестиції($):")
    investment_label.pack()
    investment_entry = tk.Entry(dialog)
    investment_entry.pack()

```

```
energy_savings_label = tk.Label(dialog, text="Обсяг енергії, який буде  
заощаджено(MWh):")
```

```
energy_savings_label.pack()
```

```
energy_savings_entry = tk.Entry(dialog)
```

```
energy_savings_entry.pack()
```

```
co2_reduction_label = tk.Label(dialog, text="Обсяг викидів CO2, який буде  
заощаджено(tonnes):")
```

```
co2_reduction_label.pack()
```

```
co2_reduction_entry = tk.Entry(dialog)
```

```
co2_reduction_entry.pack()
```

```
def save_project():
```

```
    name = name_entry.get()
```

```
    investment = float(investment_entry.get())
```

```
    energy_savings = float(energy_savings_entry.get())
```

```
    co2_reduction = float(co2_reduction_entry.get())
```

```
    project = {
```

```
        "name": name,
```

```
        "investment": investment,
```

```
        "energy_savings": energy_savings,
```

```
        "co2_reduction": co2_reduction,
```

```
    }
```

```
    projects.append(project)
```

```
    dialog.destroy()
```

```
    if len(projects) == 3:
```

```
        add_button.config(state="disabled")
```

```
        calculate_button.config(state="normal")
```

```
    display_project(project)
```

```
save_button = tk.Button(dialog, text="Зберегти", command=save_project,  
relief="raised", bd=2, width=10, padx=5, pady=2)
```

```
save_button.pack(pady=10)
```

```
def calculate_button_click():
```

```
    project_text.configure(state="normal")
```

```
    project_text.delete("1.0", tk.END)
```

```

try:
    for project in projects:
        project["score"] = calculate_project_score(project)
        sorted_projects = sort_projects_by_score(projects)
        for i, project in enumerate(sorted_projects):
            project_text.insert(tk.END, f"{i+1}. {project['name']}: інтегральна оцінка -
{project['score']:.2f}\n")
            project_text.configure(state="disabled")
except:
    messagebox.showerror("Помилка", "Сталася помилка при обчисленні
оцінки проєктів.")

def display_project(project):
    project_frame = tk.Frame(project_frame_container, bd=2, relief="solid")
    project_frame.pack(pady=5)

    name_label = tk.Label(project_frame, text=f"Назва: {project['name']}")
    name_label.pack()

    investment_label = tk.Label(project_frame, text=f"Вартість інвестиції:
${project['investment']}")
    investment_label.pack()

    energy_savings_label = tk.Label(project_frame, text=f"Обсяг енергії, який буде
заощаджено: {project['energy_savings']} MWh")
    energy_savings_label.pack()

    co2_reduction_label = tk.Label(project_frame, text=f"Обсяг викидів CO2, який
буде заощаджено: {project['co2_reduction']} tonnes")
    co2_reduction_label.pack()

# Встановлення вагових коефіцієнтів
weights = {
    "energy": 0.5,
    "co2": 0.3,
    "investment": 0.2,
}

```

```
# Створення головного вікна
window = tk.Tk()
window.title("Калькулятор оцінки проєктів")
window.geometry("400x600")

# Кнопка "Додати проєкт"
add_button = tk.Button(window, text="Додати проєкт", command=add_project,
relief="raised", bd=2, width=15, padx=5, pady=2)
add_button.pack(pady=5)

# Кнопка "Обчислити"
calculate_button = tk.Button(window, text="Обчислити",
command=calculate_button_click, state="disabled", relief="raised", bd=2,
width=15, padx=5, pady=2)
calculate_button.pack(pady=5)

# Контейнер для відображення проєктів
project_frame_container = tk.Frame(window)
project_frame_container.pack(pady=5)

# Поле виводу результатів
project_text = tk.Text(window, width=40, height=10, state="disabled")
project_text.pack()

window.mainloop()
```

Додаток Б
Слайди презентації

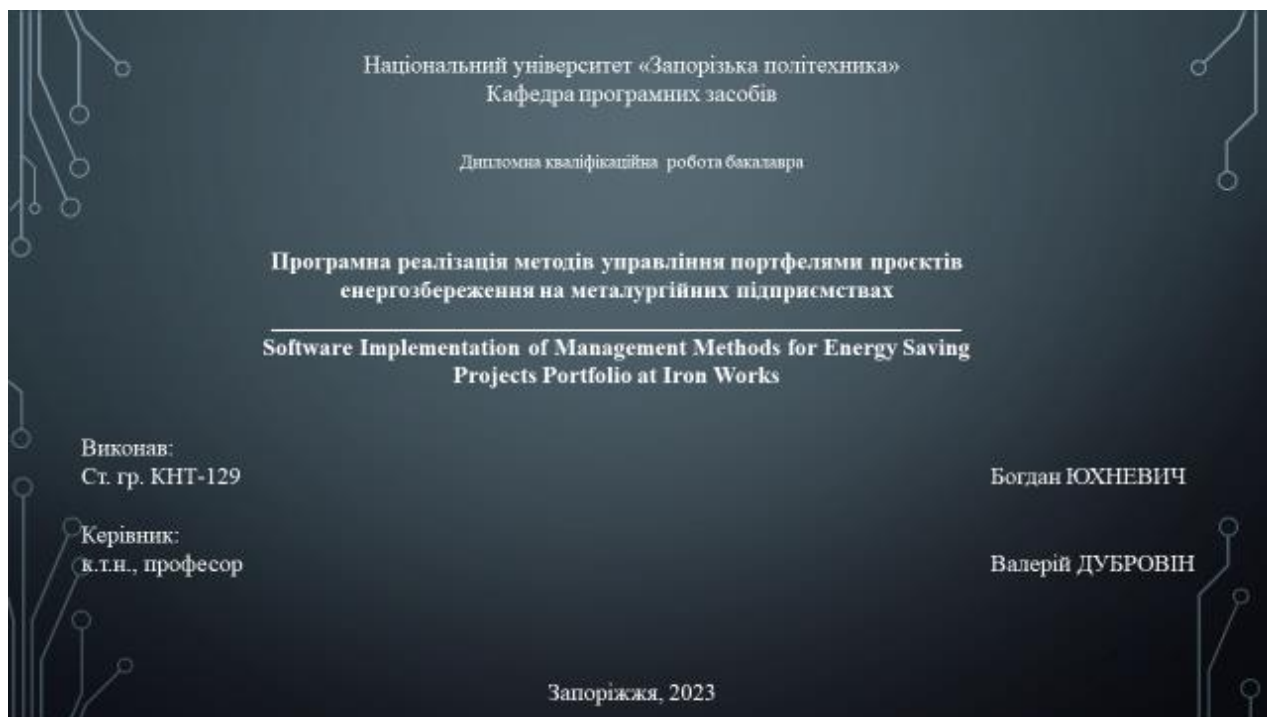


Рисунок Б.1 – Слайд 1

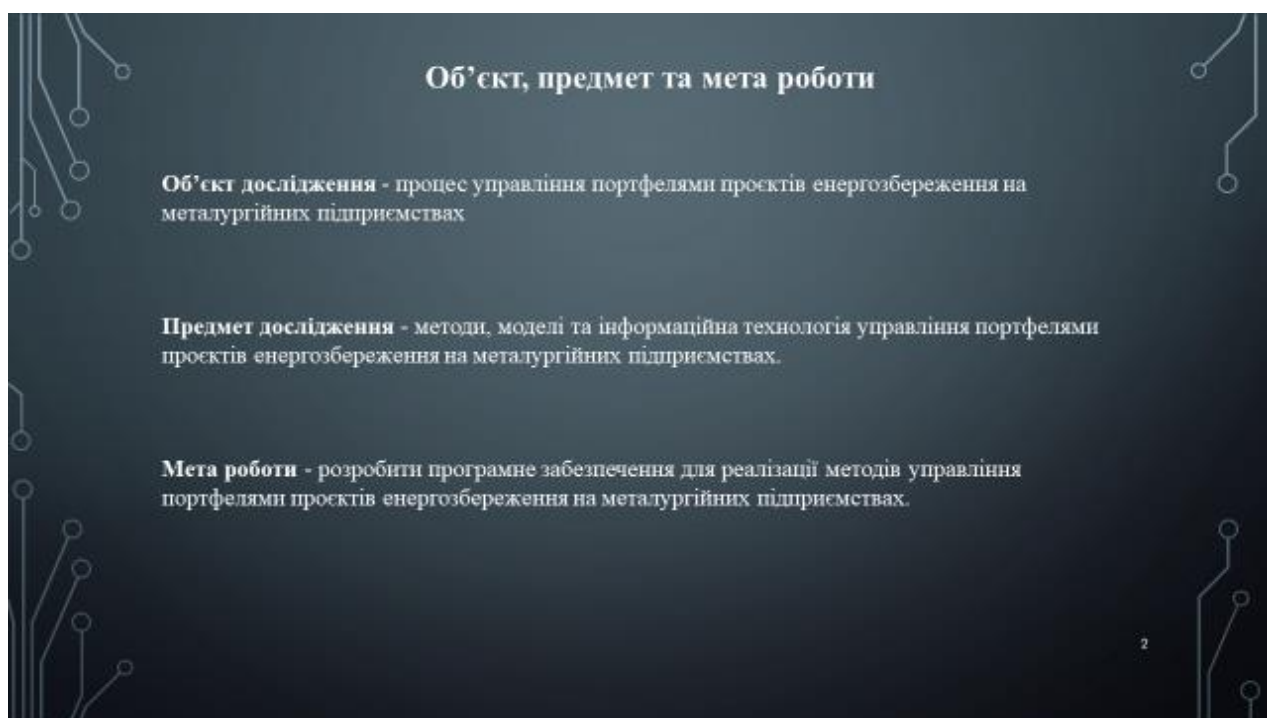
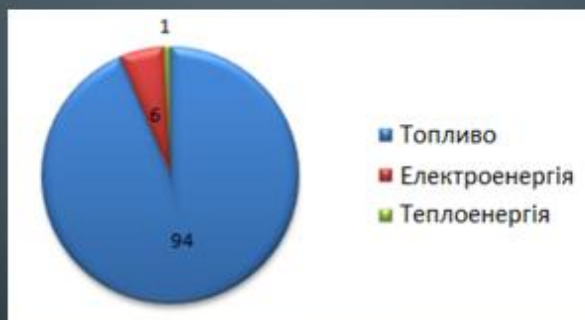


Рисунок Б.2 – Слайд 2

Структура споживання енергії на металургійному підприємстві

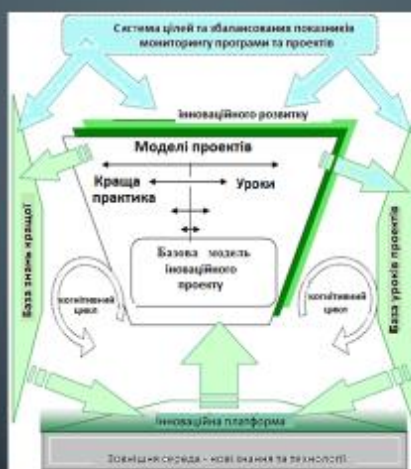


Структура споживання енергії в % на металургійних підприємствах

3

Рисунок Б.3 – Слайд 3

Концепція управління



Концептуальна модель управління програмами інноваційного розвитку систем енергозбереження

4

Рисунок Б.4 – Слайд 4

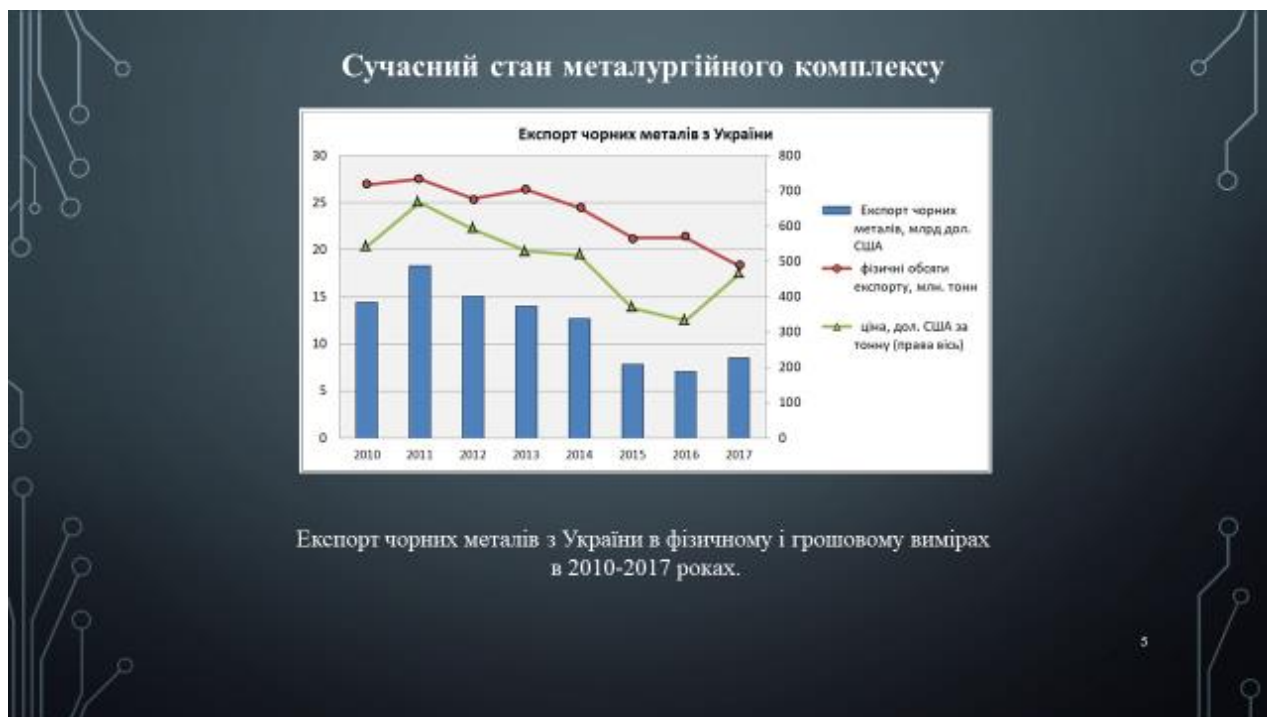


Рисунок Б.5 – Слайд 5



Рисунок Б.6 – Слайд 6

Моделювання та прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства



Концептуальна модель розвитку енергоспоживчої системи промислового підприємства

7

Рисунок Б.7 – Слайд 7

Вибір мови програмування

Критерій	Python	Java	C++	JavaScript
Синтаксис та зрозумілість	+	-	-	+
Багата екосистема бібліотек	+	-	-	-
Популярність та підтримка	+	+	+	+
Платформова незалежність	+	-	-	+
Швидкість розробки	+	-	+	+
Продуктивність	-	+	+	+
Оптимізація та компіляція	-	+	+	-
Використання в наукових областях	-	-	-	+
Використання в веб-розробці	+	+	+	+
Використання в аналізі даних	+	-	-	+

8

Рисунок Б.8 – Слайд 8

Порівняльна характеристика середовищ розробки

Критерії порівняння	PyCharm	Spyder	JupyterLab	Visual Studio Code
Ліцензія	Apache	MIT	-	MIT
Кросплатформність	+	+	+	-
Автозавершення коду	+	+	+	+
Підтримка репозиторіїв	+	+	-	+
Простота встановлення	-	+	+	-
Перевірка та аналіз коду	+	+	+	+
Швидкий та безпечний рефакторинг коду	+	+	-	+
Наявність інтерактивної консолі	+	+	+	+
Наявність зручного користувацького інтерфейсу	+	+	-	+
Швидкий та зручний пошук	+	+	+	+
Підсвічування синтаксису	+	+	+	+
Підтримка наукових пакетів	+	+	+	+
Наявність функції статичного аналізу коду	+	+	+	+
Потребує малої кількості пам'яті для зберігання	-	+	+	+

9

Рисунок Б.9 – Слайд 9

Заповнена форма програми

Калькулятор оцінки проекту

Додати проект

Обчислити

Назва: Test1

Вартість інвестиції: \$10000.0

Обсяг енергії, який буде заощаджено: 500.0 MWh

Обсяг викидів CO₂, який буде заощаджено: 2000.0 tonnes

Назва: Test2

Вартість інвестиції: \$20000.0

Обсяг енергії, який буде заощаджено: 1000.0 MWh

Обсяг викидів CO₂, який буде заощаджено: 4000.0 tonnes

Назва: Test3

Вартість інвестиції: \$15000.0

Обсяг енергії, який буде заощаджено: 750.0 MWh

Обсяг викидів CO₂, який буде заощаджено: 3000.0 tonnes

10

Рисунок Б.10 – Слайд 10

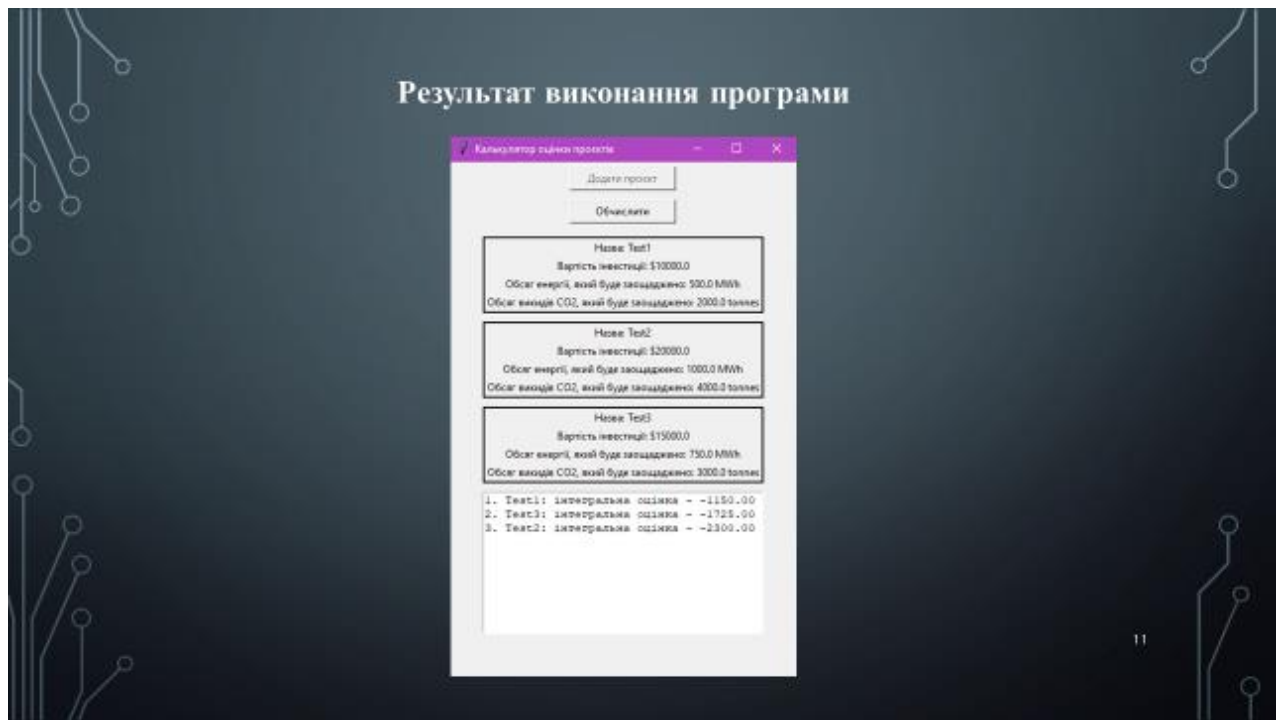


Рисунок Б.11 – Слайд 11

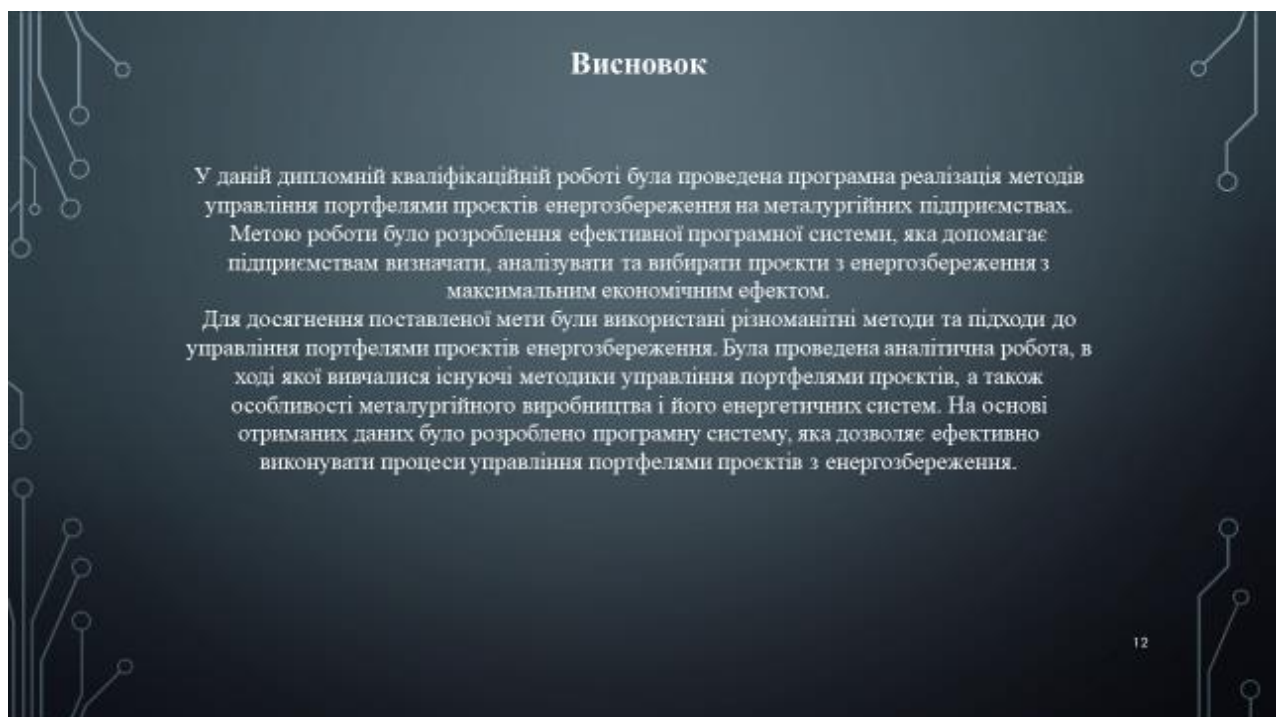


Рисунок Б.12 – Слайд 12



Рисунок Б.13 – Слайд 13