

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЕНЬ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОГО  
ОБЛАДНАННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до дипломного проекту

КРМ 100.032.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 216-ЕМ-323  
спеціальності 144 (роботу виконано  
самостійно, відповідно до принципів  
академічної доброчесності)

Шаповалов В.О.

Керівник: к.т.н., доц.

Василенко О.В.

Рецензент: к.т.н., доц..

Логвіненко О.А.

2024 рік

Український державний університет залізничного транспорту  
( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет механіко-енергетичний  
Кафедра «Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент»  
Освітній рівень магістр  
Спеціальність 144 «Енергетичний менеджмент»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ к.т.н., доц.  
\_\_\_\_\_ О.В. Василенко  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
НА РОБОТУ МАГІСТРА**

\_\_\_\_\_ Шаповалов Владислав Олександрович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Підвищення ефективності котельні шляхом встановлення сучасного котельного обладнання з когенераційною установкою»

керівник проекту (роботи) Василенко Олег Вадимович, к.т.н., доцент  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання )

затверджені наказом вищого навчального закладу від “30” вересня 2024 року № 5/24

2 Строк подання студентом закінченого проекту (роботи) 04.01.2024 р.

3 Вихідні дані до проекту (роботи) Місце розташування об'єкта дослідження – м. Харків. Зона вологості. Розрахункова температура зовнішнього повітря. Абсолютний мінімум температури повітря. Абсолютний максимум температури повітря. Середня температура періоду з середньодобовою температурою 8°C (середня температура опалювального періоду  $t_{опз}$ ). Розрахункова температура зовнішнього повітря для I кліматичної зон

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; опис конструкції будівлі; прийняті технічні рішення щодо конструкції; системи охолодження, кондиціонування, вентиляції; визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі; дослідження вплив джерела генерації ГВС та його транспортування на показники будівлі техніко-економічні показники системи ГВС; охорона праці.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (20 слайдів)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Онищенко А.В., асист.	11.12.24.	24.12.24

7 Дата видачі завдання 07 червня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Опис конструкції будівлі	30.09.24 - 14.10.24	
2	Теплотехнічні характеристики приміщення	30.09.24 - 23.10.24	
3	Розрахунок енергоспоживання будівлі	30.09.24 - 03.10.24	
4	Дослідження джерела ГВС	04.10.24 - 10.10.24	
5	Техніко-економічні показники системи ГВС	17.10.24 - 20.10.24	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	25.11.24 - 29.11.24	
7			
8			

Студент

\_\_\_\_\_ Шаповалов В.О.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
( підпис )

\_\_\_\_\_ Василенко О.В.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 20 слайдів презентації, 80 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 29 рисунків, 15 літературних джерел.

Ключові слова: КОГЕНЕРАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.

Об'єктом дослідження є встановлення когенераційної установки на існуюче обладнання ТЕЦ.

Метою дослідження є розробка енергоефективних заходів для підвищення ефективності котелень шляхом встановлення сучасного обладнання з когенераційною установкою.

У кваліфікаційній роботі запропонована система реконструкції існуючих котелень шляхом встановлення когенераційних установок для підвищення напруги із 0,4кВ до 6кВ та розподілення електричної енергії для електропостачання існуючої котельні.

## ABSTRACT

This qualifying work includes 20 presentation slides, 80 sheets of A4 format explanatory notes, including 29 figures, and 15 literary sources.

Keywords: COGENERATION, VOLTAGE REGULATION, AUTOMATIC REGULATION SYSTEM.

The object of the study is the installation of a cogeneration unit on the existing equipment of the CHP.

The purpose of the study is to develop energy-efficient measures to increase the efficiency of boiler houses by installing modern equipment with a cogeneration unit.

The qualification work proposed a system of reconstruction of existing boiler houses by installing cogeneration units to increase the voltage from 0.4 kV to 6 kV and distribute electrical energy for power supply of the existing boiler house.

## Зміст

Вступ

РОЗДІЛ 1

1.1 Кліматичні дані

1.2 Інформація про об'єкт

РОЗДІЛ 2

2.1 Розрахункова модель

2.2 Монтаж РП-6/0,4кВ

2.3 Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії (когенерація)

2.4 Порівняльний баланс когенераційної установки

2.5 Галузь застосування

2.6 Міні-ТЕЦ TESSARI Energia

2.7 Стимулювання розвитку

2.8 Принцип роботи когенераційної установки

РОЗДІЛ 3

3.1 Заземлення

3.2 Енергобезпека

РОЗДІЛ 4

4.1 Розробка енергоефективних заходів

РОЗДІЛ 5

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1 Загальні данні

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів та виробів

5.3 Заходи щодо захисту персоналу від травмування, безпечної евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах.

5.4 Засоби запобігання пожежам та вибухам

					КРМ 100.032.00.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення ефективності котельні шляхом встановлення сучасного котельного обладнання з когенераційною установкою	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Шаповалов</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Василенко</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Онищенко</i>				УкрДУЗТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко</i>						

Висновки

Перелік використаних джерел

## Вступ

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, алгоритми, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, які містяться у джерелах [1 – 9], наведених у списку використаних джерел, а також інформація, отримана в результаті консультування з керівником роботи, науковими, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка є неопублікованими авторськими напрацюваннями (найсучасніша інформація дослідницького, інноваційного характеру), дозволеними для використання автору цієї роботи виключно при виконанні тільки цієї дипломної роботи. Результатами роботи автора є визначення оптимального підвищення енергоефективності котелень шляхом встановлення сучасного котельного обладнання з когенераційною установкою.

Сертифікація енергоефективності промислових споруд є важливим інструментом для підтримки сталого будівництва та забезпечення оптимального використання енергії в цих спорудах. Різні країни та регіони можуть використовувати різні стандарти та системи сертифікації, проте існують загальні принципи та визнані програми у багатьох частинах світу. Основні аспекти сертифікації енергоефективності промислових споруд включають:

### 1. Стандарти та критерії:

1.1 Основою для сертифікації енергоефективності є національні або міжнародні стандарти та критерії:

1.1.1. LEED є однією з найвідоміших та широко використовуваних систем сертифікації в світі. Розроблена Сполученими Штатами, програма LEED враховує енергоефективність, сталість будівель та інші аспекти екологічної стійкості.

1.1.2 BREEAM є британською системою сертифікації та оцінки сталості будівель. Вона враховує багато аспектів, таких як енергоефективність, водопостачання, матеріали, здоров'я та інші.

1.1.3 Green Star - це програма сертифікації для будівель в Австралії, яка оцінює їхній вплив на навколишнє середовище, включаючи аспекти енергоефективності.

1.1.4 DGNB - німецька асоціація для сталого будівництва. Їх система сертифікації оцінює різні аспекти сталості, включаючи енергоефективність.

1.1.5 ENERGY STAR є програмою Сполучених Штатів, яка надає сертифікацію енергоефективності для різних видів будівель та пристроїв.

1.1.6 Сертифікація Passivhaus є стандартом для надійної та екстремально енергоефективної будівлі, зокрема в зонах з холодним кліматом.

1.1.7 ISO 50001 - це міжнародний стандарт для систем управління енергетикою. Хоча не є безпосередньою системою сертифікації для будівель, вона дозволяє організаціям ефективно управляти та покращувати їхню енергоефективність.

Ці програми сертифікації враховують різні аспекти, такі як енергозбереження, використання води, матеріали та ресурси, які використовуються в будівництві, а також вплив на здоров'я та комфорт користувачів. Обрана програма може залежати від місця розташування будівлі, типу будівлі та конкретних цілей власника чи розробника.

## 2 Конкуентоспроможність:



До систем центрального опалення в Україні підключено приблизно 11 млн. квартир в містах, що становить 44% споживачів теплової енергії та промисловість споживає 35% теплової енергії. Таким чином теплоелектростанції, обладнані газовими котлами та ТЕЦ, можуть стати важливим гравцем на гнучкому енергетичному ринку. Вони можуть виробляти електроенергію в той час, коли Відновлювальних Джерел Енергії (ВДЕ) не постачають, і споживати її в той час, коли її вдосталь від ВДЕ. Це може стати конкурентною перевагою для України в міжнародному енергетичному секторі, оскільки сьогодні в Європі гнучкість є дуже затребуваною та доступною послугою.

### 3 Гнучкість:

Газові когенераційні установки є найбільш гнучким джерелом енергії після батарей. Вони можуть запускатися від нуля до повної потужності протягом 2 хвилин кілька разів на день, допомагаючи стабілізувати систему передачі. Енергетика потребує таких джерел саме через нерегулярне виробництво з ВДЕ та зупинку вугільних електростанцій. Крім того, цифровість і штучний інтелект використовуються для управління ними в агрегованих блоках. Як наслідок, великі та малі когенераційні установки готові взяти на себе вирішальну роль у забезпеченні гнучкості енергосистем і, таким чином, балансуванні виробництва з ВДЕ.

### 4 Високий ККД:

Високий ККД газових ТЕЦ більше 90%. Оскільки вони побудовані в місцях споживання тепла, немає дроселювання теплової енергії, як це в основному відбувається з великими джерелами газу, що працюють на вугіллі (декотрі з ефективністю нижче 40%) і з комбінованим циклом. Порівняно з роздільним виробництвом електроенергії та тепла на газових електростанціях і котельнях це дає змогу заощадити паливо на 20–30%, що робить роботу економічнішою та менш чутливою до зростання цін на квоти на викиди.

## 5 Децентралізація:

ТЕЦ виробляє енергію в місці споживання, тому немає втрат при передачі енергії. Це велика та децентралізована кількість малих і середніх станцій з потужністю 1–20 МВт. Більша кількість учасників ринку, включаючи громадян, може отримати вигоду від їх будівництва та експлуатації.

## 6 Швидкість будівництва:

Завдяки меншому розміру будівництво проектів не займає багато часу. Процес підготовки, проектування та затвердження займає приблизно 6–9 місяців, а подальше будівництво займає 6–18 місяців. Навіть з більшими джерелами потужності в десятки МВт їх можна побудувати протягом двох з половиною років. Цей же процес займає 6–9 років для газових електростанцій комбінованого циклу.

## 7 Соціально-економічний вплив:

Завдяки децентралізованому будівництву багато місцевих компаній різного розміру та секторів отримують роботу. Велика кількість малих і середніх підприємств, таких як місцеві теплоцентралі, і опосередковано також громадяни, отримують вигоду від доходів від виробництва електроенергії та забезпечення гнучкості.

## 8 Стабільність ціни на тепло:

Ціна на тепло, вироблене когенераційними установками, стійка до криз. Ціна на газ тісно корелює з ціною на електроенергію на ринках. Це було правдою протягом тривалого часу і було доведено під час минулих криз. Коли газ, як вхідне паливо для когенераційної установки, стає дорожчим, електроенергія також стане дорожчою, а

вихід від когенераційної установки зросте. Цей механізм забезпечує стабільні ціни на тепло, яке виробляється на ТЕЦ разом з електроенергією.

#### 9 Низькі викиди:

Завдяки низьким викидам і загальному високому ККД когенераційні установки, що працюють на газу, відповідають європейській класифікації і, отже, є екологічно чистим джерелом. Вони мають значно нижчі викиди, ніж електростанції, що працюють на вугіллі. Перші когенераційні установки, що працюють на 100% водневому паливі, повинні бути доступні наступного року, і вони більше не вироблятимуть жодних викидів.

#### 10 Стратегічна безпека:

Конфлікт в Україні показує слабкість великих центральних ресурсів – вони є легкою мішенню. Децентралізовані газові когенераційні установки є кращим вибором з точки зору безпеки, і вони можуть працювати в острівному режимі або як резервні, як дизельні установки, якщо потрібно. Локальні ТЕЦ можуть забезпечити роботу критичної інфраструктури та постачати не лише електроенергію, а й тепло. В принципі, децентралізована енергетика більш захищена від кібератак і фізичних атак.

#### 11 Незалежність:

Когенераційні установки дозволяють підприємствам зменшити свою залежність від електропостачання через власну генерацію. Газова ТЕЦ не залежить від погоди, і її виробництво можна дуже добре спланувати. На ціну тепла, виробленого когенераційною установкою, також менше впливають ринкові коливання порівняно з газовими котлами, електричними котлами та тепловими насосами.

## 12 Енергетичний розрахунок:

Проводяться розрахунки з урахуванням різних параметрів, таких як теплова ефективність, використання енергоощадних технологій та систем.

## 13 Моніторинг та управління: -

Визначення систем моніторингу та управління, що дозволяють в реальному часі контролювати та підтримувати оптимальний рівень енергоефективності.

## 14 Сертифікаційні органи:

Участь та взаємодія з сертифікаційними органами, які проводять аудит та випускають сертифікат енергоефективності.

## 15 Публічна доступність інформації:

Забезпечення доступу до інформації про енергоефективність будівлі для загальної публіки.

Ці аспекти спрямовані на створення ефективних та стійких до енерговитрат громадських будівель та сприяють розвитку сталого будівництва.

Ці програми сертифікації враховують різні аспекти, такі як енергозбереження, використання води, матеріали та ресурси, які використовуються в будівництві, а також вплив на здоров'я та комфорт користувачів. Обрана програма може залежати від місця розташування будівлі, типу будівлі та конкретних цілей власника чи розробника.

Важливо звертатися до місцевих органів або експертів у сфері енергоефективності для отримання актуальної інформації та консультацій.

Сертифікацію енергоефективності та обстеження інженерних систем здійснюють сертифіковані енергоаудитори.

Сертифікацію енергоефективності та обстеження інженерних систем зазвичай здійснюють сертифіковані енергоаудитори. Енергоаудитори - це спеціалізовані фахівці, які мають навички та знання для оцінки та аналізу використання енергії об'єктах. Їхні обов'язки можуть включати:

1 Оцінка енергоефективності:

Енергоаудитори визначають рівень енергоспоживання інженерних систем та обладнання.

2 Ідентифікація можливостей збереження енергії:

Вони визначають можливість впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності та зменшення витрат енергії.

3 Розробка рекомендацій:

Енергоаудитори розробляють рекомендації щодо покращення енергоефективності та енергозбереження.

4 Визначення пов'язаних витрат і економічного виграшу:

Вони можуть визначити економічний виграш, який може бути отриманий в результаті впровадження конкретних енергоефективних заходів.

5 Сертифікація енергоефективності:

За необхідності, енергоаудитор може видати сертифікат, що підтверджує певний рівень енергоефективності об'єкту.

6 Моніторинг та аналіз ефективності:

Вони можуть також здійснювати моніторинг ефективності впроваджених заходів та аналізувати їхні результати.

В Україні, наприклад, енергоаудитори повинні мати відповідну сертифікацію та реєструватися в органах, що займаються регулюванням енергетики та енергоефективності. У багатьох інших країнах також існують відповідні вимоги та процедури для сертифікації енергоаудиторів.

Україна взяла на себе низку міжнародних зобов'язань щодо впровадження реформ енергоефективності, підписавши Угоду про Асоціацію з ЄС, ставши членом Енергетичного Співтовариства та приєднавшись до концепції та цілей сталого розвитку ООН. Основою для створення системи енергоефективності є транспонування Директив ЄС, зокрема, Директиви 2012/27/ЄС1 щодо енергоефективності, яка транспонована в Україні у вигляді Закону України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу». Директива 2012/27/ЄС стосується енергоефективності і була прийнята для сприяння реалізації цілей щодо зменшення споживання енергії в Європейському Союзі. Вона містить положення, спрямовані на підвищення енергоефективності у всіх секторах економіки.

Проте, важливо відзначити, що ефективність впровадження та транспозиція директив Європейського Союзу в законодавство кожної країни може різнитися. На момент мого останнього оновлення Україна була в процесі гармонізації свого законодавства з європейськими нормами, але ступінь реалізації директив може залежати від конкретних зусиль та рішень уряду.

Деякі ключові аспекти Директиви 2012/27/ЄС, які можуть стосуватися енергоефективності в будівництві та інших секторах, включають:

Енергоефективність обладнання:

Зменшення енергоспоживання шляхом покращення енергоефективності різного обладнання та систем.

Заохочення енергоефективних інвестицій:

Створення стимулів та фінансових інструментів для сприяння енергоефективності та використання відновлювальних джерел енергії.

Цей Закон визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення підвищення енергетичної ефективності використання палива в процесах виробництва енергії або інших технологічних процесах, розвитку та застосування технологій комбінованого виробництва електричної і теплової енергії, підвищення надійності та безпеки енергопостачання на регіональному рівні, залучення інвестицій на створення когенераційних установок.

Щоб допомогти керівництву ТЕЦ визначити можливості для підвищення енергетичної ефективності інженерних споруд та обладнання проводиться енергетичний аудит. Енергетичні аудити ТЕЦ можуть охоплювати всі інженерні споруди та обладнання або їх частини чи певну технічну систему.

Енергоаудит є ефективним засобом енергозбереження, що дозволяє визначити ефективність використання енергоресурсів, встановити місця їх основних втрат і намітити заходи з енергоефективності, що дозволять усунути ці втрати, а також визначити терміни виконання цих заходів та їх економічну ефективність. Професійний підхід до вирішення завдань енергозбереження дозволяє істотно, знизити витрати на експлуатацію інженерних споруд та обладнання.

В ДСТУ ISO 50002:2016 у загальному випадку під метою енергоаудиту (audit objective) розуміється мета робіт з енергоаудиту, узгоджена між замовником та енергетичним аудитором.

Згідно ДСТУ EN 15316-4-4:2017 метою енергетичного аудиту може бути:

Отримання енергетичного сертифіката Системи генерування тепла, убудовано-інтегровані когенераційні системи.

Зниження впливу відходів енергоспоживання на навколишнє середовище.

Перевірка відповідності чинним нормативним документам в області енергоефективності або добровільним зобов'язанням.

Відповідно до ДСТУ EN ISO 52000-1:2023 погоджені цілі енергетичного аудиту можуть охоплювати:

Зниження споживання енергії та витрат;

Зниження впливу на довкілля;

Виконання законодавчих вимог або добровільних зобов'язань.

Однак, з практики енергоаудиту ТЕЦ доцільно сформулювати мету енергоаудиту, як «визначення, на скільки ефективно енергія використовується на зазначеному об'єкті і які заходи сприяють скороченню витрат енергії або поліпшення її використання».

Мета роботи: метою даного обстеження визначення оптимального підвищення енергоефективності котелень шляхом встановлення сучасного котельного обладнання з когенераційною установкою, для зменшення споживання енергоресурсів.





## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2005, № 20, ст.278 в редакції від 30.06.2024 року).
2. ЗАКОН УКРАЇНИ Про енергетичну ефективність (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2002, № 2, ст.8 в редакції від 15.11.2024 року).
3. ДСТУ Б EN 152000-1:2023 Енергетична ефективність будівель. Частина 1. Загальна структура та методика (EN ISO 52000-1:2017, IDT; ISO 52000-1:2017, IDT).
4. ДСТУ ISO 50002:2016. Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення; чинний з 01.01.2016. – К. : НДІБК, 2016. – 45 с. – (Державний стандарт України).
5. ДСТУ EN 15316-4-4:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-4. Системи генерування тепла, убудовано-інтегровані когенераційні системи. Модулі М8-3-4, М8-8-4, М8-11-4 (EN 15316-4-4:2017, IDT)
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.12.2023 № 1316 "Про затвердження Порядку проведення кваліфікації когенераційної установки;
7. Методика визначення ефективності процесу когенерації, затверджена наказом Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 05.03.2024 № 200, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 30.04.2024 за № 624/41969.