

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЛА РК-4,8-10МП ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ  
ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПІСЛЯ МІДПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ  
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**  
**Пояснювальна записка і розрахунки**  
до дипломного проекту

КРМ 100.066.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 216-ЕМ-Д24  
спеціальності 144 (роботу виконано  
самостійно, відповідно до принципів  
академічної доброчесності)

Бабай О.М.

Керівник: д.т.н., проф.

Редько І.О.

Рецензент: к.т.н., доц..

Тютюник Л.І.

2025 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»

(цифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри К.Т.Д., доц.  
О.В. Василенко  
2025 року

**ЗАВДАННЯ  
НА РОБОТУ МАГІСТРА**

Бабай Олег Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Модернізація котла РК-4.8-10МП для охолодження продуктів згорання після мідіплавильної печі промислового підприємства» (комп. робота)

керівник проекту (роботи) Релько Ігор Олександрович, д.т.н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.02.2025 року № 15

2 Строк подання студентом закінченого проекту (роботи) 07.01.2026 р.

3 Вихідні дані до проекту (роботи) Водогрійний котел РК-4.8-10МП призначений для охолодження продуктів згорання після мідіплавильної печі та видачі гарячої води на технологічні потреби заводу, за рахунок утилізації тепла продуктів згорання які відходять. Водогрійний котел РК-4.8-10МП призначений для роботи на відкритих ділянках або у приміщенні. Теплопродуктивність 6.3МВт. Кількість димових газів на вході до котла 1000м³/ч. Температура димових газів: на вході до котла 1300°C, на виході з котла 250°C. Температура води: на вході до котла 70°C, на виході з котла 115°C. Витрати води крізь котел 99500 кг/г.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Опис котла; Тепловий розрахунок. Аеродинамічний розрахунок тракту котла. Розрахунок на міцність. Гідравлічний розрахунок. Спеціальна частина: Охорона праці і навколишнього середовища: Цивільний захист. Техніко-економічний розрахунок.

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

Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (23 слайдів)

☐ 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ                        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата      |                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|---------------------|
|                               |                                           | завдання<br>видав | завдання<br>прийняв |
| Техніко-економічні розрахунки |                                           |                   |                     |
| Нормоконтроль                 | Онищенко А.В.                             |                   |                     |
|                               |                                           |                   |                     |
|                               |                                           |                   |                     |
|                               |                                           |                   |                     |

7 Дата видачі завдання 23.06.2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)        | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Теплогідравлічний розрахунок;                   | 25.08.25 - 01.09.25                     |          |
| 2     | Аеродинамічний розрахунок.                      | 02.09.25 - 08.09.25                     |          |
| 3     | Розрахунок на міцність. Гідравлічний розрахунок | 09.09.25 - 14.09.25                     |          |
| 4     | Спеціальна частина.                             | 15.09.25 - 23.09.25                     |          |
| 5     | Охорона праці і навколишнього середовища        | 24.09.25 - 03.10.25                     |          |
| 6     | Цивільний захист                                | 04.10.25 - 10.10.25                     |          |
| 7     | Техніко-економічний розрахунок                  | 17.10.25 - 20.10.25                     |          |
| 8     | Презентація в Microsoft PowerPoint              | 25.11.25 - 29.12.25                     |          |

Студент

Бабай О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Редько І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Звіт про ДР: 117 с., 5 рис., 7 табл., 32 джерел інформації.**

*Ключові слова:* ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ, ТОПКА, ШИРМА, ЗМІЙОВИК, ПРИРОДНА ЦИРКУЛЯЦІЯ, ТЕПЛОПРОДУКТИВНІСТЬ, ГАЗОПОДІБНЕ ПАЛИВО, ВИПАРНІ ПОВЕРХНІ НАГРІВУ, КАРКАС, ВОДНИЙ ТРАКТ, ГАЗОВИЙ ТРАКТ, ТЯГА, ДУТТЯ.

Об'єктом проектування є водогрійний котел-утилізатор “РК-4,8-10МП” із природньою циркуляцією, призначений для вироблення горячої води, що працює на газах, які відходять від мідіплавильної печі.

Методи проектування – розрахунок котла зроблено за нормативним методом, наведеним у [1, 2, 3, 4, 5].

## THE ABSTRACT

Return of DW: 117 with., 5 fig., 7 tab., 32 sources of the information.

*Key words:* THE WATER BOILER, FURNACE, OVERHEATING PAIR, WATER ECONOMIZER, THE HEATER OF AIR, THE SCREEN, THE COIL, A TORCH, NATURAL CIRCULATION, HEAT PRODUCTIVITY, GASEOUS FUEL, THE EVAPORATOR OF THE SURFACE OF HEATING, THE DRUM, THE COOLER PAIR, THE SKELETON, THE WATER TRACT, THE GAS TRACT, DRAFT, BLASTING.

Object of designing is water boiler “RK-4,8-10MP” with the natural circulation, intended for development the pair, working on gaseous fuel.

Methods of designing - is the calculation of steam boiler is executed on the normative method offered in sources of the information [1, 2, 3, 4, 5].

## ЗМІСТ

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| Вступ.....                                       | 8   |
| 1 Опис котла утилізатора “РК-4,8-10МП”.....      | 11  |
| 2 Тепловий розрахунок котла .....                | 15  |
| 3 Аеродинамічний розрахунок тракту котла.....    | 39  |
| 4 Розрахунок на міцність.....                    | 43  |
| 5 Гідравлічний розрахунок.....                   | 48  |
| 6. Спеціальна частина.....                       | 66  |
| 7 Охорона праці і навколишнього середовища ..... | 90  |
| 8 Цивільний захист.....                          | 103 |
| 9 Техніко-економічний розрахунок .....           | 108 |
| Висновки.....                                    | 113 |
| Список джерел інформації.....                    | 115 |

## ВСТУП

Стабільний розвиток національної економіки детермінований безперервним та достатнім енергозабезпеченням промисловості, транспорту, агропромислового комплексу та комунально-побутового сектору. Енергетична безпека та конкурентоспроможність держави є прямими функціями надійності, економічної ефективності та екологічності роботи енергетичного комплексу.

Більшість енергетичних об'єктів України були введені в експлуатацію у 50-60 роки XX століття. Основне теплоенергетичне обладнання (парові та водогрійні котли) на цих об'єктах характеризується високим ступенем фізичного зносу та морального старіння, що зумовлює необхідність його капітального відновлення. Цей стан призводить до зниження ККД установок та перевищення нормативів викидів забруднюючих речовин від ТЕС та ТЕЦ в атмосферне повітря. Таким чином, актуальним технологічним та економічним завданням для української енергетики є поетапна заміна або технічне переозброєння обладнання, що відпрацювало свій розрахунковий ресурс.

Модернізація котельних агрегатів повинна відповідати сучасним нормативним вимогам та враховувати передові технологічні рішення в галузі котлобудування. Існують два основних підходи:

1). Повна заміна агрегату на новий, що пов'язане зі значними капітальними інвестиціями.

2). Поступова реконструкція (поновлення окремих вузлів) найбільш зношених та застарілих елементів із збереженням експлуатаційно-придатних частин, що відповідають сучасним стандартам.

3). З точки зору капіталовкладень та термінів реалізації, другий підхід є більш доцільним.

Динаміка розвитку енерготехнологічних систем, зокрема зростання одиничної потужності агрегатів з інтегрованими технологічними та енергетичними процесами (наприклад, доменні, плавильні печі), а також підвищення вимог до якості продукції обумовлюють необхідність використання

енергоносії з підвищеною теплоцінністю. Експлуатація високотемпературних промислових печей супроводжується утворенням значної кількості вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Горючі ВЕР практично повністю утилізуються як паливо для котельно-пічних агрегатів. Переважну частку теплових ВЕР (до 80%) складає фізична теплота відхідних газів, яка утилізується в котлах-утилізаторах для генерації пари технологічних та енергетичних параметрів.

Ефективне використання ВЕР має критичне значення для таких енергоємних галузей промисловості, як: чорна та кольорова металургія, важке та енергетичне машинобудування, хімічна, нафтопереробна та нафтохімічна промисловість, газова промисловість, промисловість будівельних матеріалів.

Предметом даного проекту є розробка технічного рішення щодо реконструкції котла-утилізатора типу РК-4,8-10МП, призначеного для охолодження продуктів згоряння (відхідних газів) після мідно-плавильної печі на промисловому підприємстві, з метою підвищення його продуктивності, ефективності та екологічних показників.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Тепловий розрахунок котельних агрегатів /нормативний метод/ під ред. Кузнецова Н.В. і Митора В.В. - М.:Енергія, 1973.
2. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Модель З.Г. Компановка й тепловий розрахунок парогенератора. - М.: Енергія, 1975.
3. Резников М.И., Липов Ю.М. Парові котли теплових електростанцій. - М.: Енергоіздат, 1981.
4. Гідравлічний розрахунок котельних агрегатів /нормативний метод/ під ред. Локшина В.А., Петерсона Д.Ф. і ін. - М.: Енергія, 1978.
5. Аеродинамічний розрахунок котельних агрегатів /нормативний метод/ під ред. Мочана С.И. - Енергія, 1977.
6. Закон України "Про охорону праці", Введений в дію Постановою ВР України № 2695-XII від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669 (Із змінами, внесеними згідно із Законами).
7. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу": Наказ МОЗ України від 08.04.2014 р №248. Офіційний вісник України. 2014. № 41. С. 94. Ст. 1098.
8. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний від 01.01.2014 року. Затверджено наказами Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 року №24 та від 28.08.2013 року № 410.
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.// Затверджено постановою Головного санітарного лікаря України від 01.12.1999 року. № 42.

- 10.ДСТУ ОHSAS 18002:2015 Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18002:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). Чинний від 01.01.2007.
- 11.ДБН В.2.5-28:2018 Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
- 12.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.// Затверджено постановою Головного санітарного лікаря України від 01.12.1999 року № 37.
- 13.ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008. Вібраційна безпека. Загальна безпека. Чинний від 01.02.2009.
- 14.ПУЕ-2016 Правила улаштування електроустановок. Накази Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 30.07.2015 № 478, від 30.07.2015 № 479, від 23.06.2015 № 394, від 31.07.2015 № 480.
- 15.НПА ОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. (Затв. наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 20.06.1998 р. № 469).
- 16.ДБН В.1.1-7:2016 Державні будівельні норми України. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 39 с.
- 17.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.
- 18.ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 54 с.
- 19.НПА ОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

20. Економіка підприємства: учбов. посіб / С.П. Сударкіна. – Х. : НТУ „ХП”, 2011. – 365 с.
21. Кодекс цивільного захисту України – ВРУ №5403-VI, від 2.10.2012, № 5403 - VI. (із змінами і доповненнями від 02.06.2016 р., № 1404-VIII).
22. Закон «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру». – Бюлл. ВРУ №1809-III.– К., 2000.
23. Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 23, ст.176. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text>
24. Наказ МВС України «Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні», 2014, №1417, ст.767. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
25. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: Підручник.-К.: Знання, 2006 – 487 с.
26. СТЗВО-ХП-2.01-2021 Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання.
27. СТЗВО-ХП-3.01.-2021 Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання.
28. СТВУЗ-ХП-3.03.-2006 ССОУП Конструкторські документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання. – Чинний від 01.07.2006.
29. СТВУЗ-ХП-3.04.-2006 ССОУП Формати. Основні надписи. Вимоги до виконання.
30. СТВУЗ-ХП-3.05.-2002 ССОУП Конструкторські документи. Креслення. Вимоги до виконання.
31. СТВУЗ-ХП-3.06.-2002 ССОУП Конструкторські документи. Специфікація. Вимоги до виконання.
32. СТВУЗ-ХП-3.07.-2007 ССОУП Конструкторські документи у сфері навчального процесу. Схеми.