

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему «Підвищення енергетичної ефективності системи тепло та паропостачання «Запорізький титано-магнієвий комбінат»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18мд
спеціальності 144 Теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

К.О. Ревенко

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. В.В. Радченко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент І.В. Крутій

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 26 » 12 20 19 року



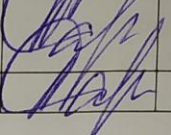

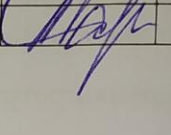

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ревенко Катерини Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) Підвищення енергетичної ефективності систем тепло та паропостачання «Запорізький титано – магнієвий комбінат»
керівник роботи Радченко Віталій Васильович доцент, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » 09 2019 року № 1536 - с
- 2 Строк подання студентом роботи _____
- 3 Вихідні дані до роботи пояснювальна записка з реконструкції будівлі хімводоочистки під водогрійну котельню.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальна характеристика об'єкту дослідження, теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, тепловий баланс вертикального економайзера , розрахунок економії коштів при впровадженні варіантів підвищення ефективності обладнання, охорона праці.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) план котельні, план фасаду котельні, схема встановлення економайзера з деаератором, схема встановлення економайзера з баком живильної води, оцінка варіантів економії палива, варіанти утеплювача.


6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Характеристика об'єкту дослідження	Радченко В.В. доцент, к.т.н.		
2 Методи підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання об'єкту	Радченко В.В. доцент, к.т.н.		
3 Охорона праці	Радченко В.В. доцент, к.т.н.		

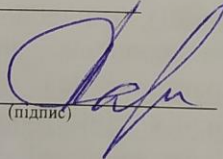
7 Дата видачі завдання 02.09.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	1 Характеристика об'єкту дослідження	02.09.19-30.10.19	виконано
2	1.1 Коротка характеристика об'єкту дослідження	02.09.19-10.09.19	виконано
3	1.2 Водопостачання та водовідведення об'єкту	10.09.19-15.09.19	виконано
4	1.3 Основні техніко-економічні показники котельні	16.09.19-28.09.19	виконано
5	2 Методи підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання об'єкту	28.09.19-23.10.19	виконано
6	2.1 Енергозбереження в будівництві	29.09.19-30.09.19	виконано
7	2.2 Підвищення ефективності обладнання	31.09.19-13.10.19	виконано
8	2.3 Розрахунок економії коштів при підвищенні ефективності обладнання	15.10.19-30.10.19	виконано
9	3 Охорона праці	30.10.19-15.11.19	виконано
10	3.1 Розрахунок освітлення	30.10.19-04.11.19	виконано
11	3.2 Розрахунок захисного заземлення	05.11.19-11.11.19	виконано
12	Висновки	01.11.19-29.11.19	виконано
13	Оформлення звіту	02.11.19-24.12.19	виконано

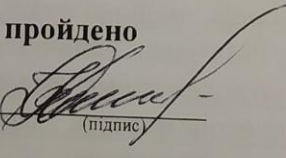
Студент 
(підпис)

К.О. Ревенко
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) 
(підпис)

В.В. Радченко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

Ю.М. Каюков
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ревенко К.О. Підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання та паропостачання «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник В.В. Радченко. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

В роботі було проведено розрахунок та підбір теплової ізоляції об'єкту дослідження, зроблено підбір обладнання для підвищення енергетичної ефективності об'єкту.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ПАРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ОБМУРУВАННЯ КОТЛА, ГАЗОПОСТАЧАННЯ.

ABSTRACT

Revenko E.A. Increase of power efficiency of the systems thermal and steam supply "ZTMK JSC".

Qualification work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 144 - Thermal Power Engineering, scientific supervisor V.V. Radchenko. Zaporizhzhya National University. Engineering Institute. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Thermal Power Engineering and Hydro Power Engineering, 2020.

In the work, calculation and selection of thermal insulation of the object of study was carried out, equipment was selected to increase the energy efficiency of the object.

Key words: ENERGY EFFICIENCY, STEAM SUPPLY COMPANIES, ENERGY SAVING, BOILER LINING, GAS SUPPLY.

АННОТАЦИЯ

Ревенко Е.А. Повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения и пароснабжения «Запорожский титано-магниевого комбинат».

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель В.В. Радченко. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет энергетике, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетике и гидроэнергетике, 2020.

В работе был проведен расчет и подбор тепловой изоляции объекта исследования, сделано подбор оборудования для повышения энергетической эффективности объекта.

Ключевые слова: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПАРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ОБШИВКА КОТЛА, ГАЗОСНАБЖЕНИЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Коротка характеристика району будівництва та будівельного майданчика	13
1.2 Рішення та показники по генеральному плану	14
1.3 Призначення котельні	15
1.4 Потреба в природному газі	16
1.5 Технологічні рішення	18
1.6 Водопостачання об'єкту	21
1.6.1 Водоспоживання	22
1.6.2 Водовідведення	23
1.7 Водовідведення на об'єкті	24
1.8 Конструктивне вирішення внутрішніх та зовнішніх систем водопостачання та водовідведення	26
1.9 Опалення та вентиляція	27
1.9.1 Опалення	27
1.9.2 Вентиляція	29
1.10 Тепломеханічні рішення котельні	32
1.10.1 Кліматологічні дані	32
1.10.2 Теплові навантаження	33
1.10.3 Теплова схема	33
1.10.4 Водопідготовка	36
1.11 Архітектурно-будівельні рішення	37
1.12 Основні техніко-економічні показники котельні	37
1.13 Кліматичні умови	38
1.14 Конструктивна характеристика будівлі	39

2 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ	41
2.1 Шляхи підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання підприємства	42
2.2 Енергозбереження в будівництві	43
2.2.1 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	44
2.2.2 Розрахунок опору теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції	54
2.3 Підвищення ефективності обладнання	59
2.3.1 Тепловий баланс вертикального економайзера ECXV AX 200-SIXEN 350	63
2.3.2 Тепловий баланс вертикального економайзера ECXV AX 800-SIXEN 1350	66
2.4 Економія коштів при впровадженні варіантів підвищення ефективності обладнання	68
2.4.1 Витрати на газ котлом REX-400F , фірми "ICI CALDAIE"	68
2.4.2 Витрати на газ котлом REX-400F, фірми "ICI CALDAIE", після встановлення економайзеру ECXV AX 200-SIXEN 350	69
2.4.3 Витрати на газ котлом REX-400 F , фірми "ICI CALDAIE", після встановлення економайзеру ECXV AX 800-SIXEN 1350	69
2.4.4 Економія від встановлення економайзеру	70
2.4.5 Економія від встановлення пелетного котла СЕТИК ЕКО MG-5 МВт	70
2.5 Теплова ізоляція котла	74
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	78

3.1 Токсикологічна, пожежо-вибухонебезпечна характеристика матеріалів	78
3.2 Характеристика виробничих приміщень, категорії вибухо-пожежної небезпеки	78
3.3 Заходи щодо захисту персоналу від травмування, безпечної евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах	79
3.4 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкта	81
3.5 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкта	82
3.6 Безпека праці під час експлуатації котелень	82
3.6.1 Загальні положення	82
3.6.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	84
3.6.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи	85
3.6.4 Робота котла	88
3.6.5 Зупинка котла	89
3.6.6 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	90
3.6.7 Вимоги безпеки після закінчення роботи	92
3.7 Розрахунок освітлення	93
3.8 Токсикологічна, пожежо-вибухонебезпечна характеристика матеріалів	94
3.9 Розрахунок захисного заземлення	95
ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	99

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні енергетичний фактор є одним з головних чинників, що впливають на стан економічної ситуації в Україні. Енергозберігаючі технології впроваджуються практично у всіх галузях.

Актуальність енергозбереження та підвищення енергоефективності останнім часом настільки очевидна, що це питання обговорюється як на всіх рівнях державної влади, так і на багатьох підприємствах. Для більшості підприємств, питання енергоефективності, особливо в умовах безперервного зростання вартості енергоресурсів, стає питанням не тільки конкурентної переваги, так і питанням виживання підприємства.

Об'єкт дослідження – процеси теплопровідності.

Предмет дослідження – техніко – економічні показники котельні.

Мета роботи – підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання «Запорізького титано – магнієвого комбінату» .

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- виконати аналіз та надати характеристику об'єкту який досліджується;
- розрахунок та підбір теплової ізоляції об'єкту дослідження;
- зробити підбір обладнання для підвищення енергетичної ефективності котельні;
- розробка заходів по зменшенню теплових втрат котла в навколишнє середовище.

Методи та засоби дослідження. Поставлені задачі вирішувались шляхом проведення розрахунків на основі даних по об'єкту дослідження. В роботі використані основні теоретичні положення теплотехнічних процесів, які відбуваються при виробленні та транспортуванні теплової енергії.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні дослідження, виконані безпосередньо автором спільно із співробітниками Інженерного інституту Запорізького національного університету. Автору належать основні ідеї роботи, постановка завдання, обґрунтування основних припущень, теоретичні викладки та аналіз отриманих результатів і формулювання висновків за результатами проведених досліджень.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на XII університетській науково – практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука – 2019», що проходила 15-17 квітня 2019 року, «Реконструкція будівлі хімводоочистки під котельню» (м. Запоріжжя, 2019); на XXXV Міжнародній науково – практичній інтернет – конференції «Світові тенденції сучасних наукових досліджень», що проходила 28 жовтня 2019, «Раціоналізація тепло та паропостачання ЗТМК» (м. Вінниця, 2019).

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з 44 позиції. Загальний обсяг складає 103 сторінки, у тому числі 15 ілюстрацій, та 19 таблиць.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Котельня призначена як автономне джерело тепла для покриття теплових навантажень на опалення споруд Запорізького титано-магнієвого комбінату. Оглядова схема району розташування ТОВ «ЗТМК» та котельні ТОВ «ЗТМК» надана на рисунку 1.1.

Передбачено влаштування газової водогрійної котельні у приміщенні існуючої будівлі хімводоочистки із встановленням у ній двох газових водогрійних котлів REX- 400F виробництва фірми ICI CALDAIE потужністю 4000 кВт кожен. Котли комплектовані газовими пальниками GAS P 450/M CE MEC + R. CE-CT DN65-FS65 виробництва фірми F.V.R. Також передбачено місце для встановлення третього котла, двох пароводяних теплообмінників та допоміжного обладнання на перспективу. Робочий режим роботи котельні згідно завдання на проектування становить 4,84 МВт.

Компонувальні рішення прийняті за принципом компактності розташування обладнання, з дотриманням необхідних дистанцій для огляду, обслуговування, а також монтажу або демонтажу.

Схема теплопостачання закрыта. Відпуск тепла стороннім споживачам не передбачається. Категорія споживача тепла за надійністю теплопостачання та відпуску тепла - друга. Режим роботи водогрійної котельні – опалювальний період.

Теплоносій для системи опалення – хімічно оброблена мережева вода озрахунковими температурами по опалювальному графіку 95/70 °С. Тиск на вході в котельню становить (5,0...5,5) бар.

Основним паливом передбачається природний газ згідно ГОСТ 5542-87, теплота згоряння 33,7 МДж/нм³ (8050 ккал/нм³). При робочому режимі роботи котельні 4,84 МВт годинна розрахункова витрата газу становить 571,5 нм³/год, річна – 731,26 тис. нм³/рік. Резервне та аварійне паливо не передбачається.



Рисунок 1.1 - Оглядова схема району розташування ТОВ «ЗТМК» та котельні ТОВ «ЗТМК»

У проєктованій котельні передбачено допоміжне обладнання, арматура, прилади контролю, керування та автоматизації, з допомогою яких здійснюють:

- регулювання температури теплоносія за погодними умовами;
- контроль параметрів теплоносія;
- облік теплових навантажень;
- захист систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія.

Опалення приміщення котельні передбачено тепловентиляторами та розраховано на компенсацію тепловтрат і підігрів припливного повітря, з врахуванням теплонадходжень від технологічного обладнання.

У котельні передбачається природна припливно-витяжна вентиляція для забезпечення трикратного повітрообміну і подачі необхідної кількості повітря на горіння.

Відведення димових газів від котлів REX - 400 F виконується від кожного котла окремо через теплоізовані димові труби із корозійностійкої сталі діаметром 600/660 мм кожна на висоту 30 м. На

кожному газоході встановлено вибуховий клапан. КВП і автоматика забезпечують теплотехнічний контроль, безпеку і регулювання роботи котлів, хімводопідготовки, підживлення теплової мережі, автоматичне включення резервних насосів. Регулювання температури води в системі тепlopостачання передбачено по температурі зовнішнього повітря.

Котельня повністю автоматизована. У котельні передбачено приміщення для оператора. Списковий штат – 4 чоловіки.

Річна потреба в енергоресурсах складає:

а) електроенергія - 385,7 тис. кВт·год;

б) вода - 2724 м³, в тому числі:

1) технологічна (хімочищена) - 2140 м³;

2) питна холодна - 273 м³;

3) питна гаряча - 311 м³.

в) природний газ - 731,26 тис. нм³ (840,9 т.у.п.).

Проектована котельня окремо стояча, влаштована в існуючій будівлі хімводоочистки, із двома безпосередніми виходами назовні. Будівля хімводоочистки цеху № 12 одноповерхова споруда, розміром 24×18 м, висотою до низу несучих конструкцій – 6 м. Висота будівлі складає 7,9 м. Будівля виконана в повному залізобетонному каркасі.

В середині будівлі розташовані: виробниче приміщення, побутове приміщення, оглядова кімната та підсобне приміщення в, тамбур з допоміжним приміщенням [1].

1.1 Коротка характеристика району будівництва та будівельного майданчика

Будівля хімводоочистки, в якій передбачається влаштувати газову водогрійну котельню, розташована на території проммайданчику ТОВ «ЗТМК», м. Запоріжжя, вул. Теплична, 18.

Будівля одноповерхова, побудована у 1957р.

Згідно даних технічного звіту про інженерно-геологічні пошуки, які виконані для цеху № 7 Підприємством «Агроінвест» м. Дніпропетровськ у 2011 році, основою фундаментів є суглинки лесовидні світло-бурі карбонатні, залягають з відмітки підшви фундаментів до глибини (8,5...8,7) м. Початковий просадковий тиск (14,0...15,0) т/м². Підземні води знаходяться на глибині – 0,5 м від поверхні землі.

Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також за рахунок витоків з водонесучих комунікацій на даній території. Фундаменти монолітні залізобетонні стрічкові [1].

1.2 Рішення та показники по генеральному плану

Для влаштування газової водогрійної котельні передбачена реконструкція будівлі хімводоочистки .

Будівля розміром в плані 24×18 м. Висота будівлі (по гребеню) складає 7,9 м, висота до низу несучих конструкцій – 6 м.

Автопід'їзди існуючі від автодоріг підприємства з асфальтобетонним покриттям.

Водовідвід від будівлі вирішений бетонними лотками з відводом дощових стоків на автодороги і далі в дощову каналізацію. Бетонні лотки та вимощення частково знищені. Поновлення системи водовідводу та ремонт вимощення враховані в будівельній частині проекту.

Промисловий майданчик ТОВ «ЗТМК», на якому запроектована котельня, має огорожу та охоронну сигналізацію.

Генеральний план виконаний відповідно до діючих норм і правил СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий» та наведений на рисунку 1.2 [2].

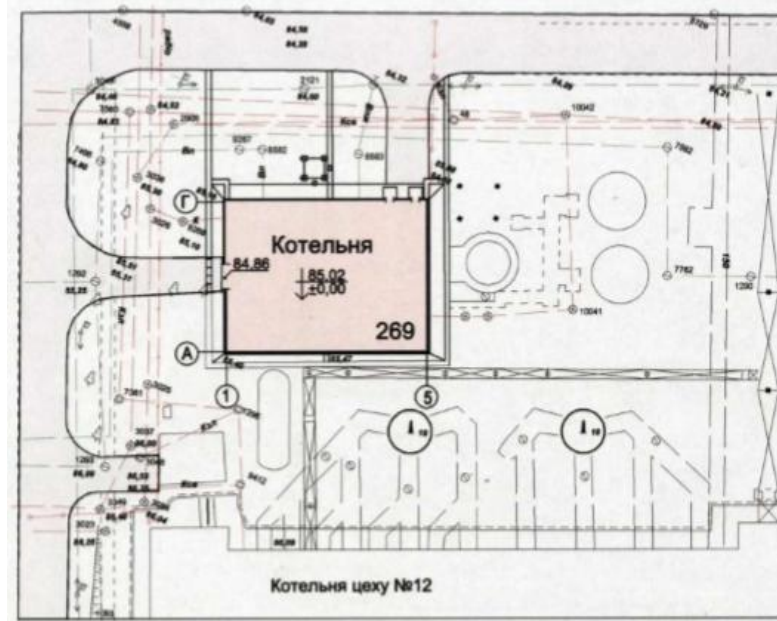


Рисунок 1.2 – План розташування котельні

Показники щодо генплану наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні показники щодо генплану

Назва показника	Одиниця виміру	Показник
Площа земельної ділянки (умовна)	м ²	1620
Площа забудови	м ²	432
Процент забудови	%	26,7
Площа автопід'їздів	м ²	175

1.3 Призначення котельні

Котельня призначена як автономне джерело тепла для покриття теплових навантажень на опалення споруд. Представляє собою розташовану в одному технічному приміщенні установку, яка складається з котла і допоміжного обладнання (тягодуттвові машини, механізми і пристрої

управління, димова труба тощо), для отримання водяної пари або гарячої води за рахунок теплоти палива, що спалюється. Основним пристроєм котельні є паровий або водогрійний котел, в якому відбувається нагрівання робочої рідини (теплоносія, як правило води або пари) [3].

Котельні підприємства - це котельні, які є на промислових підприємствах і служать для теплопостачання цих підприємств, їх житлових фондів, а також інших промислових підприємств, передбачених схемою теплопостачання в порядку кооперування.

Залежно від характеру теплових навантажень районні котельні підприємств поділяються на:

- промислові, які використовуються для технологічного постачання паром або гарячою водою промислових підприємств;
- опалювальні, призначені для забезпечення опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
- промислово-опалювальні, які застосовуються для технологічного теплопостачання та постачання теплотою систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислових підприємств, житлових і громадських будівель [4].

Котельня призначена як автономне джерело тепла для покриття теплових навантажень на опалення споруд Запорізького титано-магнієвого комбінату.

1.4 Потреба в природному газі

Основним паливом для газовикористовуючого обладнання котельні передбачається природний газ згідно ГОСТ 5542-87 з нижньою теплотою згоряння $Q_H^p = 33,7$ МДж/м³ (8050 ккал/м³) і густиною 0,73 кг/м³. Газ, що подається, повинен відповідати вимогам ГОСТ 5542-87.

Загальна розрахункова витрата газу для потреб котельні

(при $Q = 4,84$ МВт) складає $571,5$ $\text{нм}^3/\text{год}$, 731260 $\text{нм}^3/\text{рік}$.

Газопроводи та газове обладнання котельні розраховані на роботу на газі середнього тиску. Тиск на вході в котельню повинен складати ($370 \dots 500$) мбар згідно з вимогами заводу - виготовлювача обладнання.

Максимальний вхідний тиск газу перед газовим обладнанням котлів за вимогами фірми - виготовлювача устаткування складає $0,5$ $\text{кгс}/\text{см}^2$ ($0,05$ МПа).

Витрату газу газовикористовуючим обладнанням котельні надано в таблиці 1.2. У таблиці 1.3 наведено дані по використанню газу котельнею.

Таблиця 1.2 - Витрата газу

Назва споживача	К-ть, шт.	Загальна номінальна теплова потужність, кВт	Загальна витрата газу, $\text{нм}^3/\text{год}$	Мінімальний робочий тиск, мбар
Котел REX-400F	2	4000	905,1	370

Таблиця 1.3 - Витрати газу на котельню.

Показники	Одиниці виміру	При робочому режимі роботи котельні ($4,84$ МВт)	При встановленій потужності котельні ($4,84$ МВт)
Годинна розрахункова витрата газу	$\text{нм}^3/\text{год}$	571,5	905,1
Розрахункова річна витрата газу	тис. $\text{нм}^3/\text{рік}$	731,26	-

1.5 Технологічні рішення

Передбачено мережі газопостачання з підключенням до існуючих. Точка підключення – на естакаді між існуючою котельнею та існуючою спорудою хімоводоочистки, що підлягає реконструкції під водогрійну котельню. Передбачено газопостачання двох газових водогрійних котлів.

Котли комплектовані газовими пальниками виробництва фірми F.V.R. GAS P 450/M CE MEC + R. CE-CT DN65-FS65.

Основні технічні характеристики котла представлені у таблиці 1.4.

Котли забезпечені автоматикою безпеки, регулювання теплових процесів і припинення подачі газу до газових пальників в аварійних випадках.

Даний розділ робочого проекту розроблено, виходячи з принципу комплектної поставки котельного обладнання серійного заводського виготовлення.

Витрати газу перед кожним котлом передбачено влаштування лічильників роторного типу марки DELTA S3-Flow (S3F). Перед лічильниками передбачено фільтр газу та необхідна запірна арматура. У разі несправності або перевірки котлового лічильника обліку газу – замінити його на монтажну «катушку» .

Для пониження тиску газу із середнього $0,16 \text{ кгс/см}^2$ до середнього $0,05 \text{ кгс/см}^2$ та підтримання вихідного середнього тиску газу на заданому рівні, а також для комерційного обліку витрати газу, на вводі в котельню даним розділом робочого проекту передбачено встановлення ШГРП-С-1Б-(В)У-RV4000 заводського виготовлення фірми ТОВ «ВКП» Техноінком», до складу якого входить:

- регулятор тиску газу RBE 4032;
- лічильник об'єму газу Курс-01-G400-DN150;
- коректор Vera1.01;
- фільтр газу Ду150;
- клапан запобіжно-скидний;

- кульові крани;
- продувний газопровід [5].

Таблиця 1.4 - Основні технічні характеристики котла REX-400F

Найменування	Одиниця виміру	Величина
Корисна теплова потужність котла	кВт	4000
Максимальна робоча температура котлової води	°С	100
ККД котла	%	95,35
Допустимий надлишковий робочий тиск	бар	6
Патрубки приєднання (на P_y 6 кгс/см ²), D_y	мм	200
Габаритні розміри:		
Довжина	мм	4310
Ширина	мм	1980
Висота	мм	2326
Загальна маса	кг	7540
Об'єм води	л	4450
Напруга системи	В	230
Електрична потужність	Вт	20
Температура димових газів при температурі котлової води 75 °С та номінальній тепловій потужності	°С	114
Діаметр патрубка вихідних газів	мм	600

З метою безпечної експлуатації котлів на вхідному газопроводі котельні встановлений швидкозапірний відсікаючий електромагнітний клапан EVRM6NC95 DN150 виробництва фірми Elektrogas. Крім цього,

передбачається встановлення сигналізатора до вибухонебезпечних концентрацій газу, що припиняє подачу газу при перевищенні вмісту «СН» (не вище 20 % нижньої межі вибуховості) в повітрі, та при досягненні об'ємної частки окису вуглецю в повітрі рівною 0,005 %. Датчики сигналізатора встановлюються у вибухонебезпечній зоні, поблизу джерел можливих витоків газу. Контроль до вибухонебезпечних концентрацій газу здійснюється з обов'язковим виводом на систему колективної попереджувальної сигналізації, що організована з виведенням нормованого світлового та звукового сигналу в місце постійного перебування чергового (охорони). Звуковий сигнал повинен бути дискретним з нормативним звуковим тиском.

До кожного пальника котла передбачено газову рампу із наступним допоміжним обладнанням та арматурою:

- двійний магнітний клапан Honeywell Comby DN50;
- антивібраційний компенсатор;
- фільтр-стабілізатор Giuliani Anello DN50.

Відведення димових газів від котлів здійснюється через теплоізольовані димові труби із корозійностійкої сталі діаметром 600/660 мм на висоту ~30 м.

Внутрішні газопроводи котельні передбачені з труб сталевих водогазопровідних згідно ГОСТ 3262-75 та із сталевих електрозварних труб за ГОСТ10704-91. Діаметри газопроводів визначені з умов створення, при максимально допустимих перепадах тиску газу, найбільш економічної та надійної експлуатації системи.

Газопроводи передбачено кріпити на опорах, до перекриття - на підвісках.

Газопроводи в місцях пересічення стін передбачено прокладати в сталевих футлярах. Краї футлярів вивести на один рівень з тиньком в стінах. Зазори між газопроводом та футляром заповнити бітумом або просмоленою паклею або монтажною піною.

Для продувки внутрішніх газопроводів передбачено влаштування продувального газопроводу, який виводиться вище карниза даху приміщення котельні на 1 м [6].

1.6 Водопостачання об'єкту

Вода використовується на господарсько-питні потреби.

Для будівель будівельним об'ємом 3377,3 м³, категорії будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою «Г», «Д», ступіню вогнестійкості будівлі II згідно таблиці 4 пункту 8.1 ДБН В.2.5-64:2012 влаштування внутрішнього протипожежного водопроводу не передбачається.

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівлі становить 10 л/с (таблиця 5 пункт 6.2.4 ДБН В.2.5-74:2013). Передбачено використання існуючих пожежних гідрантів на діючій протипожежній мережі підприємства.

Джерелом водопостачання є існуюча водопровідна мережа ТОВ „ЗТМК”.

Приготування гарячої води передбачається централізовано в котельні.

Проектом передбачено використання існуючого вводу системи господарсько - питного водопостачання діаметром 325 мм.

Розрахунок водоспоживання та водовідведення виконується згідно ДБН В.2.5-64:2012 (додаток А).

Норми водоспоживання (загальна):

- середня (за рік) добова витрата води, $Q_T^{\text{tot}} = 25 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- розрахункова максимальна витрата води за секунду, $q_0^{\text{tot}} = 0,23 \text{ л/с}$;
- загальне споживання холодної води приладами, $Q_0^{\text{tot}} = 500 \text{ л/год}$.

Норми водоспоживання гарячої води:

- середня (за рік) добова витрата гарячої води, $Q_T^h = 11, \text{ м}^3/\text{добу}$;

– розрахункова максимальна витрата гарячої води за секунду,
 $q_0^h = 0,18$ л/с;

– споживання гарячої води приладами, $Q_0^h = 270$ л/год.

Кількість користувачів у день $U_1 = 4$ чол.

Кількість санітарно - побутових приладів $N_1 = 2$ шт.

Душ $N_2 = 1$ шт.

Години роботи однієї зміни $T = 8$ год.

Кліматичний район - II (згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27).

Середня за годину розрахункова витрата води, л/год

$$q_T^{\text{tot}} = Q_T^{\text{tot}} / T = 25 / 8 = 3,125;$$

$$q_T^h = Q_T^h / T = 11 / 8 = 1,375,$$

де Q_T^{tot} , Q_T^h - середні (за рік) добові витрати води, м³/добу;

T – час роботи, год.

1.6.1 Водоспоживання

Максимально добова витрата на одного користувача, л/добу

$$Q_{\text{max}}^{\text{tot}} = Q_T^{\text{tot}} \cdot k_d = 25 \cdot 1,77 = 44,25;$$

$$Q_{\text{max}}^h = Q_T^h \cdot k_d = 11 \cdot 1,77 = 19,47,$$

де Q_T^{tot} , Q_T^h - середні (за рік) добові витрати води, м³/добу;

згідно таблиці А.4 додатку А ДБН В.2.5-64:2012 коефіцієнт
 максимальної добової нерівномірності становить $k_d = 1,77$.

Добова витрата води, л/добу

$$Q_{\text{доб}}^{\text{tot}} = U \cdot Q_{\text{max}}^{\text{tot}} + Q_{0 \text{ hr}}^{\text{tot}} \cdot 3 = 4 \cdot 44,25 + 500 \cdot 3 = 1677;$$

$$Q_{\text{доб}}^{\text{h}} = U \cdot Q_{\text{max}}^{\text{h}} + Q_{0 \text{ hr}}^{\text{h}} \cdot 3 = 4 \cdot 19,47 + 270 \cdot 3 = 887,88,$$

де U – кількість користувачів у день, шт.;

$Q_{\text{max}}^{\text{tot}}$, $Q_{\text{max}}^{\text{h}}$ – максимальна добова витрата на одного користувача, л/добу;

$Q_{0 \text{ hr}}^{\text{tot}}$, $Q_{0 \text{ hr}}^{\text{h}}$ – споживання води приладами, л/год.

1.6.2 Водовідведення

Максимальна секундна витрата стічних вод, л/с

$$Q_c = q_0^{\text{tot}} + q_0^{\text{h}} = 0,23 + 0,18 = 0,41,$$

де q_0^{tot} , q_0^{h} - розрахункова максимальна витрата води за секунду, л/с.

Максимальна добова витрата стічних вод, л/доб

$$Q_{\text{доб}} = Q_{\text{доб}}^{\text{tot}} + Q_{\text{доб}}^{\text{h}} = 1677 + 887,88 = 2564,88,$$

де $Q_{\text{доб}}^{\text{tot}}$, $Q_{\text{доб}}^{\text{h}}$ - добова витрата води, л/добу.

Максимальна годинна витрата стічних вод, л/год

$$Q_{\text{год}} = q_{\text{T}}^{\text{tot}} + q_{\text{T}}^{\text{h}} = 3,125 + 1,375 = 4,5,$$

де $q_{\text{T}}^{\text{tot}}$, q_{T}^{h} - середня за годину розрахункова витрата води, л/год.

Годинне і добове водовідведення відповідає водоспоживанню [7].

1.7 Водовідведення на об'єкті

Проектом передбачається відведення господарсько-побутових та виробничих стоків в існуючі мережі каналізації ТОВ «ЗТМК».

Для відведення господарсько-побутових стічних вод використано діючу систему водовідведення із скидом побутових стічних вод в колодезь № 9268 діючої каналізаційної мережі.

Дощові води з території котельні відводяться лотками на проїжджу частину доріг, на якій встановлено дощоприймачі, якими дощові води відводяться в дощову каналізаційну мережу підприємства.

Продувочні води котельні відводяться в існуючий колодезь № 7466, який розташований на мережі відпрацьованої гарячої води.

Для охолодження продувочних вод передбачено встановлення колодезя - охолоджувача. Корисний об'єм камери колодезя - охолоджувача становить 2,8 м³, що забезпечує охолодження води (змішуванням) до температури не більше 40 °С.

Розрахунок дощових стоків. Річна витрата дощових вод становить, м³/рік

$$W_p = 10 \cdot h \cdot \Psi \cdot F = 10 \cdot 528 \cdot 0,9 \cdot 0,0637 = 302,7,$$

де F – площа стоку, F = 0,0637 Га;

h – середня річна висота шару опадів, h = 528 мм;

Ψ – середній зважений за площею загальний коефіцієнт стоку, Ψ = 0,9.

Добова витрата дощових вод становить, м³/добу

$$W_d = 10 \cdot h \cdot \Psi \cdot F = 10 \cdot 104 \cdot 0,9 \cdot 0,0637 = 59,6,$$

де h – середня добова висота шару опадів, h = 104 мм.

Згідно ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера.

Использование и охрана вод. Основные термины и определения» середня тривалість дощу у Запорізькій області складає 5 годин.

Середня годинна витрата дощових вод становить, м³/год

$$W_{\text{ср.год}} = W_{\text{д}} / t_{\text{r}} = 59,6/5 = 11,92,$$

де $W_{\text{д}}$ - добова витрата дощових вод становить, м³/добу;

t_{r} – середня тривалість дощу, год.

Розрахункова секундна витрата поверхневого стоку, л/с

$$q_{\text{r}} = \frac{z_{\text{mid}} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_{\text{r}}^{1,2n-0,1}} = \frac{0,287 \cdot 747^{1,2} \cdot 0,0637}{5^{1,2 \cdot 0,73-0,1}} = 14,7.$$

Коефіцієнти стоку (покриву) для кожного типу поверхні приймаються згідно таблиць А.6 та А.7 ДБН В.2.5-75:2013

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_{\text{r}}}\right)^{\gamma} = 91,8 \cdot 20^{0,70} \left(1 + \frac{\lg 1}{\lg 97}\right)^{1,82} = 747,$$

де q_{20} – інтенсивність дощу, л/с на 1 га, тривалістю 20 хв. при $P = 1$ рік, для даної місцевості згідно таблиці А.1 становить 91,8 л/с на 1 га;

n – показник степеня, приймається по таблиці А.1 , $n = 0,70$;

m_{r} – середня кількість дощів за рік, приймається по таблиці А1, $m_{\text{r}} = 97$;

P – період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу, приймається по таблиці А3, $P = 1$;

γ – показник степеня, приймається по таблиці А, $\gamma = 1,82$ [8].

1.8 Конструктивне вирішення внутрішніх та зовнішніх систем водопостачання та водовідведення

Внутрішні системи господарсько-питного та гарячого водопостачання монтуються із поліпропіленових труб за ДСТУ Б.В.2.7-144:2007 діаметром (16...25) мм. В місцях проходження над воротами трубопроводи систем водопостачання теплоізольовуються, товщина теплоізоляції 10 мм. Магістральні трубопроводи системи гарячого водопостачання теплоізольовуються по всій довжині. Мережі обладнані запірною та водорозбірною арматурою.

Системи побутової каналізації монтуються із пластмасових труб ГОСТ 22689-89 діаметром (50...110) мм.

Кріплення мереж та їх гідравлічне випробовування виконується згідно ДБН В.2.5-64:2012 частина II [9].

Проектом передбачено використання існуючого вводу системи господарсько - питного водопостачання та існуючої зовнішньої мережі побутової каналізації.

Система відведення продувочних вод монтується із сталевих труб за ГОСТ 10704-91 діаметром 325×6,0 мм.

Сталеві трубопроводи після монтажу очистити від іржі, покрити двома шарами ґрунтівки ХС-010 за ГОСТ 9355-81 і пофарбувати трьома шарами емалі ХВ-1100 за ГОСТ 6993-79.

Скид охолоджених продувочних вод в мережу відпрацьованої гарячої води проводиться з влаштуванням гідрозатвору.

Труби вкладаються на глибині 1,0 м на природну основу.

Колодязь-охолоджувач виконується із збірних залізобетонних елементів по ГОСТ 8020-90 по тпр 901-09-22.84. Висота колодязя 1850 мм, діаметр 2000 мм [9].

1.9 Опалення та вентиляція

1.9.1 Опалення

Опалення — це штучний обігрів приміщень протягом опалювального періоду з метою відшкодування в них теплових втрат і підтримки на заданому рівні температури, що відповідає умовам теплового комфорту або вимогам технологічного процесу.

Залежно від джерела тепла буває:

1. Електричне опалення. Найпоширенішими серед електричних пристроїв опалення, є електричні конвектори. Сьогодні вони часто замінюють електричні обігрівачі, які нагріваються довго і використовують велику кількість електроенергії. В конвекторах нагрівання повітря відбувається за рахунок природного руху повітря, яке відбувається за рахунок різниці температур, і гаряче повітря витісняє холодне, який знову піддається нагріванню. Виходить замкнута система опалення, яка не вимагає додаткових пристроїв. При цьому повітря додатково нагрівається за рахунок випромінювання поверхні самого конвектора.

2. Повітряне опалення. Принцип роботи повітряних систем опалення полягає в тому, що тепле повітря, що надходить у приміщення по воздуховодам, витісняє холодне повітря, що знаходиться в нижній частині приміщення, при цьому охолоджене повітря повертається назад. Існує два основних види повітряних систем опалення: гравітаційна система і система, що працює з використанням пристроїв примусового вентилявання.

3. Водяна система опалення. Системи водяного опалення на сьогоднішній день є найбільш поширеними з усіх відомих опалювальних систем. Теплоносієм у них є вода або незамерзаючі рідини. Теплоносієм є посередником, за допомогою якого здійснюється перенесення тепла від джерела тепла - поверхні радіатора, а від неї – повітряю [10].

В залежності від призначення приміщень, в котельні передбачається електричне, водяне та повітряне опалення.

Температура теплоносія для потреб опалення (95...70) °С.

Розрахункова зимова температура повітря для проектування опалення та вентиляції - (- 21) °С.

Розрахункова літня температура для проектування вентиляції – (+ 26) °С.

Середня температура опалювального періоду – (+0,6) °С .

Тривалість опалювального періоду - 166 діб (3500 градусо-діб).

Опалення залу котельні запроєктоване повітряне опалювальними агрегатами з водяним нагрівачем типу АОВ-45 фірми "Вентс". Магістральні трубопроводи виконати із сталевих водогазопровідних труб за ГОСТ 3262-75 та труб сталевих електрозварних прямошовних за ГОСТ 10704-91. Всі трубопроводи системи повітряного опалення прокласти в теплової ізоляції "Thermaflex FRZ" товщиною 13 мм. Випуск повітря - через автоматичні розповітрявачі у найвищих точках трубопроводів.

Система опалення побутових приміщень і операторної передбачається водяна. Нагрівальними приладами прийнято радіатори фірми Stelrad тип Novello із нижнім підключенням. Опалювальні прилади обладнані автоматичними і механічними розповітрявачами. Температура на поверхні нагрівальних приладів не перевищує 80 °С.

Регулювання тепловіддачі передбачено термостатичними клапанами, що встановлені на кожному нагрівальному приладі. Магістральні трубопроводи системи водяного опалення та підключення до радіаторів виконуються із металополімерних труб HERZ в теплоізоляції товщиною 9,0 мм.

Спуск води з систем опалення передбачається в каналізацію із найнижчих точок трубопроводів.

В місцях пересічення внутрішніх стін і перегородок трубопроводи прокласти в гільзах.

Заробка отворів в місцях прокладки виконується із негорючого матеріалу.

Опалення електрощитової запроєктоване електричне за допомогою електроконвектора Atlantic, що встановлюється на висоті 300 мм від підлоги.

Основні показники по кресленнях опалення і вентиляції наведені в таблиці 1.5. Основні показники по кресленнях опалення і вентиляції [11].

Таблиця 1.5 - Основні показники по кресленнях опалення і вентиляції

Назва споруди	Об'єм споруди (площа споруди) м ³ (м ²)	Періоди року при t _{зовн} , °C	Витрата тепла Вт (ккал/год)			Питомі теплові навантаження на опалення кВт·год/м ³ (кВт·год/м ²)	Встановлена потужність ел.двигунів, кВт
			На опалення	На вентиляцію	Всього вода (85...65) °C		
Котельня	2504,9 (417,2)	Зима -21°C	32605 (28035)	137045 (117837)	169650 (145872)	33,9 (203, 6)	1,265

1.9.2 Вентиляція

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції - вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати чисте і свіже.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря - природна, штучна (механічна) і суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря - припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії - загальнообмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням - робоча, аварійна.

Припливна вентиляція слугує для подачі чистого повітря ззовні у приміщення. При витяжній вентиляції повітря вилучається з приміщення, а зовнішнє надходить через вікна, двері, нещільності будівельних конструкцій. Припливно-витяжна вентиляція поєднує першу й другу.

Загальнообмінна вентиляція підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого приміщення (цеху). За допомогою місцевої вентиляції шкідливі виділення вилучаються або розчиняються шляхом надходження чистого повітря безпосередньо у місцях їх утворення. Комбінована вентиляція поєднує загальнообмінну та місцеву.

Аварійну вентиляцію влаштовують у тих виробничих приміщеннях, в яких можуть статися аварії з виділенням значної кількості шкідливостей, а також коли при виході з ладу робочої вентиляції в повітрі можуть утворюватись небезпечні для життя працівників або вибухонебезпечні концентрації. Аварійна вентиляція, як правило, проектується витяжною [12].

Для забезпечення необхідних параметрів повітря в приміщенні котельні даним розділом робочого проекту передбачається припливно-витяжна природна вентиляція. Витяжна вентиляція здійснюється в розмірі трьохкратного повітрообміну із верхньої зони дефлекторами систем ВП1 і ВП2. Приплив повітря, в повному об'ємі витяжки, через решітки подається: в теплий період року - в робочу зону, в холодний - у верхню зону. Також додатково враховується повітря, яке подається в топку котлів для горіння.

Припливно-витяжна вентиляція в електрощитовій здійснюється через металеві двері із вбудованими жалюзійними решітками.

В операторній запроектована припливна установка системи П1 з водяним нагрівачем повітря, що забезпечує приплив повітря в приміщення.

Видалення повітря з операторної відбувається природним способом - через двері.

Витяжний вентилятор системи В1 призначений для видалення повітря із приміщень душової та санвузла. Для відшкодування повітря, що видаляється з душової та санвузла, приплив передбачено в приміщення

гардеробної - через стіновий провітрювач системи ПП1 та через вікно.

Повітропроводи витяжних і припливних систем виконати із оцинкованої сталі товщиною (0,5...0,6) мм за ГОСТ 19904-90.

Повітропроводи, що проходять через стіни та перегородки, прокласти в гільзах із негорючих матеріалів.

Викид системи В1 вивести на 1 м вище відмітки даху.

Повітря, що викидається в атмосферу, не підлягає очищенню, оскільки не містить забруднюючих речовин [13].

Розрахунок повітрообміну приміщень наведено в таблиці 1.6.

У таблиці 1.7 представлені техніко - економічні показники з опалення та вентиляції об'єкту.

Таблиця 1.6 - Таблиця повітрообміну

Найменування приміщень	Температура в робочій зоні, °С	Об'єм, м ³	Кратність		Об'єм повітря, м ³ /год		№ установки	
			Витяжки	Приплив	Витяжки	Приплив	Витяжки	Приплив
Зал котельні	12	2350	3	По розрах	7050	17450	ВП1, ВП2	Через решітки
Операторна	18	36,1	5	5	185	185	через двері	П1
Гардеробна	23	16,8	-	компенсація	-	150	-	ПП1
Душоа	25	8,1	По нормах	-	75	-	В1	-
Санвузол	16	6,7	По нормах	-	75	-	В1	-
Електрощитова	5	63,2	5	5	315	315	Через двері	Через двері

Таблиця 1.7 - Техніко-економічні показники по опаленню та вентиляції

Назва показників	Величина показника
Максимальна витрата тепла на опалення, кВт	32,605
Максимальна витрата тепла на вентиляцію, кВт	137,045
Максимальна витрата холоду на вентиляцію, кВт	-
Загальна встановлена потужність двигунів системи, кВт	1,265
Річна витрата тепла на опалення, ГДж	256,35
Річна витрата тепла на вентиляцію, ГДж	170,9
Питома витрата тепла на опалення, Вт/м ² (при загальній площі 417,2 м ²)	203,6

1.10 Тепломеханічні рішення котельні

1.10.1 Кліматологічні дані

Даний розділ розроблено, виходячи з розрахункових параметрів зовнішнього повітря, прийнятих відповідно до ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» для м.Запоріжжя:

- середня температура найхолоднішої п'ятиденки з коефіцієнтом забезпеченості 0,92 – (-21) °С;
- середня температура періоду з середньодобовою зовнішньою температурою повітря \leq плюс 8 °С (середня температура опалювального періоду) – (- 0,6) °С;
- тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря \leq +8 °С (тривалість опалювального періоду) – 166 діб [14].

1.10.2 Теплові навантаження

Загальні теплові навантаження надані в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Загальні теплові навантаження

Розрахунковий режим	Теплопродуктивність котельні, МВт (Гкал/год)				
	Витрата теплоти на опалення та вентиляцію	Витрата теплоти на гаряче водопостачання	Витрата теплоти на технологічні цілі	Загальна витрата теплоти	Встановлена потужність електродвигунів, кВт
Зимовий	4,84 (4,16)	-	-	4,84 (4,16)	23,5
Літній	-	-	-	-	-

Загальне теплове навантаження на котельню відповідно становить – 4,84 МВт (4,16 Гкал/год). Встановлена потужність котельні становить – 8,0 МВт (6,88 Гкал/год). Резерв котельні становить – 3,16 МВт (2,72 Гкал/год) [15].

1.10.3 Теплова схема

Тепловою схемою передбачено приготування теплоносія для потреб опалення споруд Запорізького титано - магнієвого комбінату.

Котельня відпускає теплоносій (хімочищену мережеву воду) за розрахунковим температурним графіком 95/70 °С. Мережева вода на потреби опалення подається до споживача з допомогою мережевих насосів.

У проєктованій котельні передбачено допоміжне обладнання, арматура, прилади контролю, керування та автоматизації, з допомогою яких

здійснюють:

- регулювання температури теплоносія за погодними умовами;
- контроль параметрів теплоносія;
- облік теплових навантажень;
- захист систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія.

Для захисту котлів від низькотемпературної корозії тепловою схемою передбачено встановлення на кожному котлі насоса рециркуляції котлової води для підмішування прямої мережевої води в трубопровід зворотної води перед котлами.

Компенсацію коливань об'єму системи в результаті температурного розширення теплоносія під час зміни температурного графіку вирішено шляхом скидання надлишкового об'єму теплоносія в існуючий бак запасу хімічищеної води, розташованого назовні.

Для запобігання забруднення обладнання та трубопроводів у котельні на зворотному трубопроводі передбачено влаштування магнітного шламовловлювача та сіткових фільтрів, по обидва боки яких запроектовано манометри для контролю за станом їх забруднення.

Для обліку теплової енергії, що відпускається споживачам, у котельні встановлено ультразвуковий лічильник теплової енергії СВТУ – 10 М PR у складі двох витратомірів, обчислювача та комплекту датчиків термоперетворювачів (термоопорів).

Вибір устаткування вузлів обліку здійснено на основі розрахункового теплового навантаження, температурного графіку теплопостачання, забезпечивши при цьому дотримання умов заводу - виробника обладнання.

На трубопроводах встановлено запірну арматуру для забезпечення можливості відключення обладнання та ділянок трубопроводів під час ремонту та обслуговування. Для запобігання аварійного перевищення тиску в системі на кожному котлі передбачено встановлення двох запобіжних клапанів. Запобіжні клапани спрацьовують при аварійному перевищенні тиску теплоносія в контурі теплопостачання.

У котельні передбачено облік холодної водопровідної води та води для потреб системи підживлення. Компенсація теплових втрат треновжень трубопроводів здійснюється за рахунок кутів повороту. Кріплення трубопроводів всередині котельні передбачено як на стійках, так і за допомогою підвісок. Дренаж у котельні передбачено з обладнання та з нижніх точок трубопроводів. Дренаж передбачено виконувати після охолодження теплоносія нижче 40 °С. Трубопроводи прокладати з ухилом 0,002 ° в сторону зливу.

На вводі в котельню передбачено дренажні крани для спуску теплоносія із теплової мережі. Теплоу мережу передбачено із попередньо ізольованих трубопроводів від проєктованої водогрійної котельні до існуючої. Прокладання трубопроводів передбачено надземне по існуючій естакаді. Місце врізки в існуючі трубопроводи теплопостачання комбінату – на виході із існуючої котельні.

Випуск повітря у котельні проєктовано автоматичними повітроспусниками в найвищих точках трубопроводів та обладнання, а також з допомогою запірної арматури для випускання повітря на загальних трубопроводах теплопостачання.

Опалення приміщення котельні передбачено тепловентиляторами та розраховано на компенсацію тепловтрат і підігрів припливного повітря, з врахуванням теплонадходжень від технологічного обладнання.

У котельні передбачається природна припливно-витяжна вентиляція для забезпечення трикратного повітрообміну і подачі необхідної кількості повітря на горіння.

Відведення димових газів від котлів REX – 400 F виконується від кожного котла окремо через теплоізольовані димові труби із корозійностійкої сталі діаметром 600/660 мм кожна на висоту ~ 30 м.

На кожному газозоді встановлено вибуховий клапан.

Автоматика забезпечує теплотехнічний контроль, безпеку і регулювання роботи котлів, хімоводопідготовки, підживлення теплової

мережі, автоматичне включення резервних насосів. Регулювання температури води в системі теплопостачання передбачено по температурі зовнішнього повітря.

Температура води на вході в котли підтримується не нижче 60 °С згідно з вимогою заводу - виробника за рахунок установки насоса рециркуляції.

Рішеннями даного проекту забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

Котельня повністю автоматизована. У котельні передбачено приміщення для оператора [16].

1.10.4 Водопідготовка

В якості вихідної води для котельні прийнята вода з водопроводу, що відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Підживлення контуру теплопостачання передбачене мережевою водою, що пройшла попередню хімічну обробку у існуючій станції хімводоочистки, від існуючого баку запасу хімочищеної води.

Вузол підживлення включає в себе:

- існуючий бак запасу хімочищеної води об'ємом $V = 100 \text{ м}^3$, розташований назовні;
- насосів підживлення хімочищеної води Etabloc 040 – 025 - 200 GG (один робочий, другий – резервний);
- установка дозування IN - Eco324 в комплекті з насосом дозатором Aqua01- 08 та лічильником JS130 - 3.5NK.

Дане обладнання застосовується і для заповнення системи перед

пуском.

Режим роботи підживлювальної установки автоматичний. Включення насосів підживлення відбувається при падінні тиску у зворотному трубопроводі мережевої води [17].

1.11 Архітектурно - будівельні рішення

Будівля хімоводоочистки цеху № 12 розташована на території ТОВ «ЗТМК». Майданчик навколо будівлі рівний, з незначним ухилом рельєфу в північну сторону.

Будівля хімоводоочистки цеху № 12 - одноповерхова, розміром 24×18 м та висотою до низу несучих конструкцій – 6 м, висота будівлі (по гребеню) складає 7,9 м. В осях 1 ÷ 5 були передбачені два підвісні крани, вантажопідйомністю $Q = 0,5$ т (зараз відсутні).

Будівля виконана в повному залізобетонному каркасі [18].

1.12 Основні техніко-економічні показники котельні

Основні техніко-економічні показники котельні наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Основні техніко-економічні показники котельні

Назва показника	Одиниці виміру	Кількість
Розрахункова теплопродуктивність котельні	кВт	4840
Встановлена теплопродуктивність котельні	кВт	8000
Річна виробітка тепла (максимально- можлива)	тис. кВт·год	10245,8
Річний відпуск тепла споживачам, в т.ч. на потреби опалення	тис. кВт·год	6508,5
Річна розрахункова витрата палива при $Q = 4,84$ МВт: -природний газ $Q_H^P = 8050$ ккал/кг -умовне паливо $Q_H^P = 7000$ ккал/кг	тис. нм ³ (т.у.п.)	731,26 840,9

Продовження таблиці 1.9

Назва показника	Одиниці виміру	Кількість
Встановлена потужність струмоприймачів	кВт	23,5
Річна витрата електроенергії	тис. кВт·год	385,7
Річна витрати води на власні потреби та підживлення теплофікаційного контуру	тис. м ³	2,14
Площа котельного залу	м ²	369,13
Загальний об'єм котельного залу	м ³	2214,78

1.13 Кліматичні умови

Місто Запоріжжя розташоване у степовій зоні України. За природними та кліматичними умовами територія міста характеризується континентальним кліматом.

Середньорічна температура січня - (- 4...- 5) °С, липня - (+22...+24) °С.

Головним джерелом поповнення ґрунтової вологи є опади. В окремі роки сума опадів іноді досягає 500 мм, що приводить до підвищення рівня ґрунтових вод. Майже щорічно в травні та квітні бувають суховії. Сталий сніговий покрив настає в грудні, а сходить в березні.

Характерною особливістю снігового покриву є його нестійкість. Відлиги – часте явище.

Основні кліматичні показники зведен в таблицю 1.10 [19].

Таблиця 1.10 - Перелік основних показників

Назва показників	Одиниці виміру	Показники		Примітки
		Норм.	Розрах	
Кліматичний район		II		ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010
Зимова температура зовнішнього повітря	°С		-28	
Літня температура зовнішнього повітря.	°С		+30	
Температура найхолоднішої 5-денки	°С		-23	
Температура найжаркішої 5-денки	°С		+26	
Переважаючий напрямок вітрів: - зимою - влітку			Сх Сх	
Ступінь вогнестійкості будинку			IIIa	ДБН В.1.1-7-2016
Сейсмічність району будівництва			6 балів	ДБНВ.1.1-12.2014 карта А і Б
Вага снігу на 1 м ² горизонтальної поверхні (III - сніговий район)	кПа	1,11		ДБН В.1.2-2:2006
Швидкісний напір вітру на висоті 10м (III - вітровий район)	кПа	0,46		
Глибина промерзання ґрунту	м	0,9		ДБН В.2.1-10-2009

1.14 Конструктивна характеристика будівлі

Будівля хімоводоочистки цеху № 12 одноповерхова споруда, розміром 24×18 м, висотою до низу несучих конструкцій – 6 м. Висота будівлі складає 7,9 м.

Будівля виконана в повному залізобетонному каркасі. Фундаменти монолітні залізобетонні стрічкові. Фахверкові колони прямокутного перерізу розміром 400×400 мм. Кутові фахверкові стійки металеві.

Покриття – залізобетонні ребристі плити покриття розміром 3×6 та 1,5×6 м по залізобетонних балках. Залізобетонні двоскатні балки висотою на опорі 0,8 м, по гребеню 1,5 м, проліт 18 м, виконані по серії ПК-01-06.

Просторова жорсткість будівлі забезпечується жорсткою заробкою колон в фундаменти, частково стіновим огороженням, жорстким диском

покриття. Колони каркасу залізобетонні суцільного перерізу 400×400 мм, виконані по серії КЭ - 01 - 49 вип.2. Зовнішні стіни з шлако-пемзобетонних панелей по серії СТ - 02 - 03 товщиною 200 мм та цегляних вставок товщиною 380 мм з силікатної цегли.

Перегородки цегляні товщиною 250 мм.

Підлога бетонна. Покрівля рулонна рубероїдна.

Ворота металеві з дощатим зашиттям.

Двері металеві та дерев'яні. Вікна металеві з одинарним заскленням, в побутовому приміщенні дерев'яні.

Вимощення – асфальтобетонне та бетонне.

Водовідведення дощових стоків – бетонні лотки по периметру вимощення [20].

2 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ

Енергоефективність - це область знань, що знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології. Говорячи про енергоефективність, маємо на увазі не тільки «енергозбереження», тобто економію енергії в повсякденному житті. Йдеться про раціональне і свідоме використання енергетичних ресурсів, доступних кожному, з метою їх дбайливого збереження для навколишнього середовища і наших нащадків.

Енергоефективність зазвичай пов'язана з цілим рядом підходів, які дозволяють нам жити і працювати в більш енергоефективних приміщеннях.

Тема підвищення енергоефективності не нова. Безліч міжнародних проектів, підтримуваних Європейською комісією, програмами Tacis, Thermie, USAID та іншими організаціями, починаючи з 90 - х років зробили енергоефективність впізнаваним терміном. Багато в економічно розвинених країнах вже знають і розглядають енергоефективність, економію енергоресурсів і скорочення викидів як очевидну умову конкурентоспроможності компаній і наявності доступного і чистого джерела енергозабезпечення в майбутньому.

Сьогодні ефективне використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним, але в той же час, найменш використовуваним і найменш зрозумілим способом підвищення як рівня життя кожного, так і життя в умовах збереження навколишнього середовища [21].

Через недосконалість ціноутворення на природний газ і тарифної політики на теплову енергію від ТЕЦ, що встановлюються комісією підприємства, що мають можливість будівництва власних газових котелень, відмовляються від послуг централізованого теплопостачання [22].

2.1 Шляхи підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання підприємства

Технологія виробництва будь-якої енергії передбачає споживання природних ресурсів, тому нераціональне використання, переробка, транспортування і споживання сировини або енергії не тільки зменшують економічні показники виробництва, але і надають несприятливий вплив на навколишнє середовище.

Тому при проектуванні нових або реконструкції діючих систем теплоутворення і транспортування необхідно звертати увагу на нові ресурсозберігаючі і екологічні технології, що сприяють енергоефективності.

Проектування і впровадження нових джерел енергії технологій є одним з пріоритетних напрямків розвитку енерго та ресурсозбереження в усьому світі.

Для досягнення мети енергосбереження необхідно вироблення і реалізація органами управління відповідних впливів в різних напрямках діяльності: у виробничій і в соціальній сфері, політичній і правовій сферах.

Основними цілями для виробничої сфери є:

- зменшення енергоемності продукції, послуг, що надаються;
- підвищення енергетичної ефективності продукції, що випускається підприємством;
- оснащення технічними приладами та засобами обліку, контролю, вимірювання і регулювання споживання енергетичних ресурсів;
- підвищення енергетичного ККД діючих теплогенеруючих установок і енергетичних установок;
- підвищення теплового захисту житлових і громадських будівель, конструкцій і споруд та інженерних мереж;
- зменшення втрат теплоносіїв в інженерних мережах.

Теплопостачання є однією з основних систем життєзабезпечення населення, призначена для створення сприятливих умов в громадських, житлових і виробничих приміщень [23].

2.2 Енергозбереження в будівництві

Стіни та покрівля будівлі хімоводоочистки цеху № 12 ТОВ «Запорізький титано - магнієвий комбінат» пропонується утеплювати. Стики стінового огороження та покрівлі, прорізи дверей, воріт, вікон ущільнювати. Двері обладнати пристроями для самозачинення.

Технічна будівля знаходиться в місті Запоріжжя.

Конструкція зовнішніх стін – залізобетонні плити $\delta^{ct}_1 = 250$ мм, $\lambda_1^{ct} = 1,69$ Вт/(м·К), цегляна кладка $\delta^{ct}_2 = 380$ мм, $\lambda_2^{ct} = 0,7$ Вт/(м·К).

Фундамент – залізобетонні плити $\delta^{\phi}_1 = 250$ мм, $\lambda_1^{\phi} = 1,69$ Вт/(м·К).

Покриття – ребристі залізобетонні плити $\delta^{rop}_1 = 250$ мм, $\lambda_1^{rop} = 1,69$ Вт/(м·К) та руберойд $\delta^{rop}_2 = 5$ мм, $\lambda_1^{rop} = 0,17$ Вт/(м·К) [24].

Вікна ПВХ - тип заповнення 4М1-12- 4М1-12-4К.

Двері зовнішні – металеві, внутрішні – дерев'яні.

Дані для розрахунків:

- напрям вітру – східний;
- середня температура періоду з середньодобовою зовнішньою температурою повітря $\leq (+ 8)$ °С (середня температура опалювального періоду) – (- 0,6) °С;
- температура самого холодного місяця (січня) – (- 4,2) °С;
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки – (-23) °С;
- тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря (+8) °С (тривалість опалювального періоду) – 166 діб [25].

2.2.1 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх стін, підлоги і горищного перекриття

$$K = \frac{1}{R_0},$$

де R_0 - термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = R_e + \sum R_T + \sum R_{\text{вп.}} + R_H,$$

де $R_B = \frac{1}{\alpha_B}$ - опір тепловіддачі внутрішньої поверхні, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

α_B - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до поверхні, для всіх перекриттів $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приведені в таблиці 2.1;

$\sum R_T$ - сумарний термічний опір всіх шарів огорожі, $R_T = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

δ - товщина шару, м ;

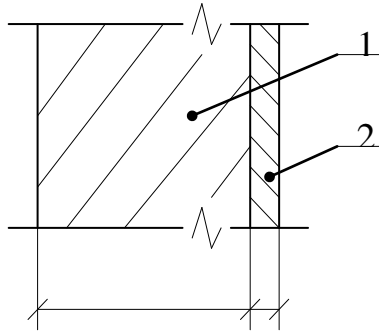
λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, що приймають згідно з ДБН, [24];

$\sum R_{\text{в.п.}}$ - сумарний термічний опір повітряних прошарків, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_H = \frac{1}{\alpha_H}$ - опір тепловіддачі зовнішньої поверхні, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

α_H - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до навколишнього повітря, для зовнішньої стіни $\alpha_H = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

На рисунку 2.1 схематично зображено розріз стіни будинку.



1 – внутрішня стіна; 2 – зовнішня стіна.

Рисунок 2.1 – Розріз стіни будинку

Таблиця 2.1 - Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{в}$ та зовнішньої $\alpha_{з}$ поверхонь огорожувальних конструкцій

Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² ·К)	
	$\alpha_{в}$	$\alpha_{з}$
Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

Термічний опір фасадної стіни виробничих приміщень з залізобетону, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1^{\text{ст}}}{\lambda_1^{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_H};$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,69} + \frac{1}{23} = 0,306.$$

Знайдене значення R_0 порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}$ значення якого наведені у таблиці 2.2 [26].

Так як $R_0 = 0,306 < R_{q \text{ min}} = 2,8$ різниця дуже значна, відповідно було узгоджене рішення додавати шар утеплювача.

При використанні кам'яної вати фірми ТЕРМОЛАЙФ розрахуємо необхідну товщину шару утеплювача, м

$$\delta_{\text{ут}} = \left(R_0^{\phi} - R_0 - \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} \right) \cdot \lambda_{\text{ут}} = \left(2,8 - 0,306 - \frac{0,015}{0,81} \right) \cdot 0,038 = 0,094.$$

Так як утеплювач виготовляють у стандартних розмірах обираємо плити товщиною 100 мм.

Розрахунок термічного опору стіни з урахуванням утеплювача, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_{\text{ст}} = R_0 + \left(\frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} \right) + \left(\frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} \right) = 0,306 + \left(\frac{0,1}{0,038} \right) + \left(\frac{0,015}{0,81} \right) = 2,96.$$

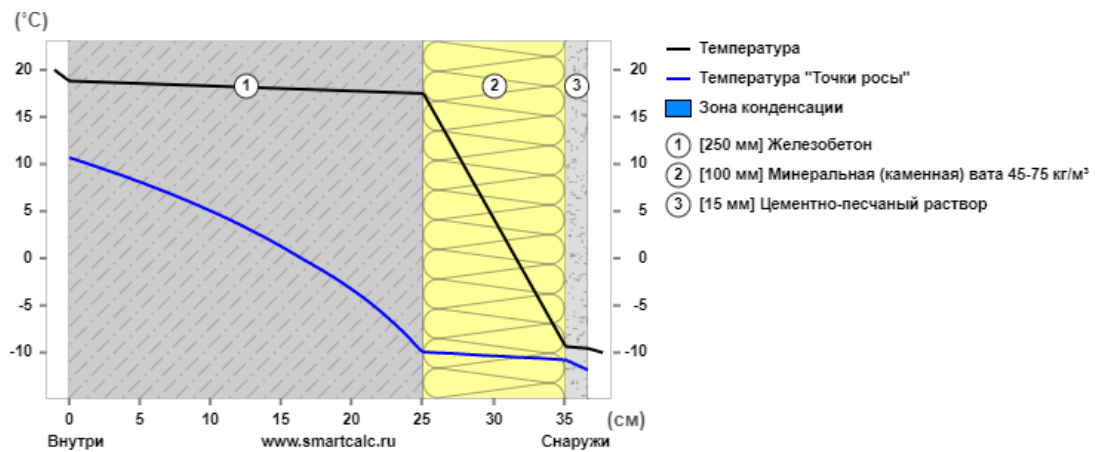
Знайдене значення $R_{\text{ст}}$ порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}$.

Так як $R_0 = 2,96 > R_{q \text{ min}} = 2,8$, відповідно такий шар утеплювача підходить. На рисунку 2.2 зображено графік теплового захисту

огороджувальної конструкції виробничих приміщень з залізобетону при утепленні кам'яною ватою.

Таблиця 2.2 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$

Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Суміщені перекриття	6,0	5,5
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,49	4,5
Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,49	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,75	0,6
Зовнішні двері	0,6	0,5



1 – залізобетон; 2 - кам'яна вата; 3 – цементно – пісчаний розчин.

Рисунок 2.2 – Графік теплового захисту огороджувальної конструкції виробничих приміщень з залізобетону при утепленні кам'яною ватою

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі, Вт/(м²·К)

$$K_{з.с} = \frac{1}{R_{пр}}$$

$$K_{з.с} = \frac{1}{2,96} = 0,34.$$

Термічний опір фасадної стіни побутового та виробничого приміщення з силікатної цегли, (м²·К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_2^{ст}}{\lambda_2^{ст}} + \frac{1}{\alpha_H};$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,701.$$

Знайдене значення R_0 порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \min}$ [26].

Так як $R_0 = 0,701 < R_{q \min} = 2,8$ різниця дуже значна, відповідно було узгоджене рішення додавати шар утеплювача.

При використанні кам'яної вати фірми ТЕРМОЛАЙФ розрахуємо необхідну товщину шару утеплювача, м

$$\delta_{ут} = \left(R_0^{\phi} - R_0 - \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} \right) \cdot \lambda_{ут} = \left(2,8 - 0,701 - \frac{0,015}{0,21} \right) \cdot 0,038 = 0,077.$$

Так як утеплювач виготовляють у стандартних розмірах обираємо плити товщиною 100 мм.

Розрахунок термічного опору стіни з урахуванням утеплювача, (м²·К)/Вт

$$R_{ст} = R_0 + \left(\frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} \right) + \left(\frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} \right) = 0,701 + \left(\frac{0,1}{0,038} \right) + \left(\frac{0,015}{0,21} \right) = 3,33.$$

Знайдене значення R_{ct} порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \min}$.

Так як $R_o = 3,33 > R_{q \min} = 2,8$, відповідно такий шар утеплювача підходить.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі, $Вт/(м^2 \cdot К)$

$$K_{з.с} = \frac{1}{R_{пр}};$$

$$K_{з.с} = \frac{1}{3,33} = 0,298.$$

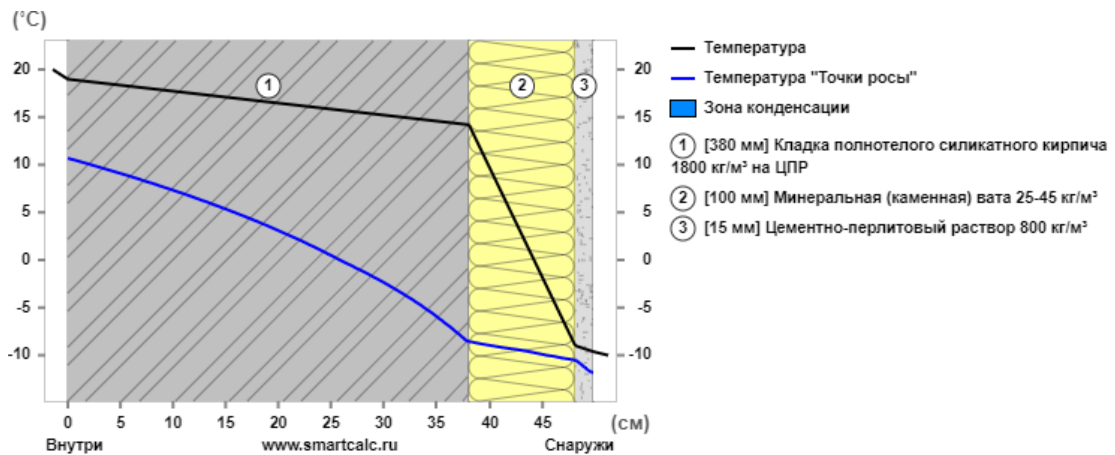
Розрахункові показники інших видів утеплювача наведені у таблиці 2.3 та 2.4. На рисунку 2.3 зображено графік теплового захисту огорожувальної конструкції побутового та виробничого приміщення з силікатної цегли при утепленні кам'яною ватою.

Таблиця 2.3 – Показники товщини та термічного опору фасадної стіни виробничих приміщень з залізобетону

Назва утеплювача	Коефіцієнт теплопровідності, $Вт/(м \cdot К)$	Розрахункова товщина, м	Термічний опір зовнішньої стіни, R_o , $(м^2 \cdot К)/Вт$	Термічний опір зовнішньої стіни, $R_{ф}$, $(м^2 \cdot К)/Вт$	Товщина, м
Кам'яна вата	0,038	86,630	0,306	2,96	0,1
Піноскло	0,07	495,026	0,306	2,90	0,18
Пінополіуретан	0,027	99,005	0,306	2,92	0,07
Льняний утеплювач	0,0354	61,878	0,306	3,15	0,1

Таблиця 2.4 – Показники товщини та термічного опору фасадної стіни побутового та виробничого приміщення з силікатної цегли

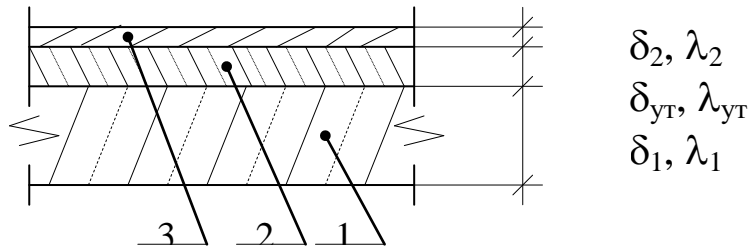
Назва утеплювача	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Розрахункова товщина, м	Термічний опір зовнішньої стіни, R_0 , (м ² ·К)/Вт	Термічний опір зовнішньої стіни, R_{ϕ} , (м ² ·К)/Вт	Товщина, м
Кам'яна вата	0,038	77,007	0,701	3,33	0,1
Піноскло	0,07	416,041	0,701	2,86	0,15
Пінополіуретан	0,027	83,208	0,701	2,94	0,06
Льняний утеплювач	0,0354	52,005	0,701	2,98	0,08



1 - силікатна цегла; 2 - кам'яна вата; 3 - цементно - перлитовий розчин.

Рисунок 2.3 – Графік теплового захисту огорожувальної конструкції побутового та виробничого приміщення з силікатної цегли при утепленні кам'яною ватою

На рисунку 2.4 зображено схематичний розріз перекриттів.



1- плита перекриття; 2- утеплювач; 3- поверхня підлоги.

Рисунок 2.4 – Розріз горищного перекриття

Опір теплопередачі R_0 горищного перекриття, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1^{\text{гор}}}{\lambda_1^{\text{гор}}} + \frac{\delta_2^{\text{гор}}}{\lambda_2^{\text{гор}}} + \frac{1}{\alpha_H} + R_{\text{в.п.}};$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,69} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,336,$$

де $R_{\text{в.п.}}$ - опір повітряного прошарку для перекриття на лагах, для інших видів огорож $R_{\text{в.п.}} = 0$.

Знайдене значення R_0 порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}$.

Так як $R_0 = 0,336 < R_{q \text{ min}} = 4,5$ різниця дуже значна, відповідно було узгоджене рішення додавати шар утеплювача.

При використанні кам'яної вати фірми ТЕРМОЛАЙФ розрахуємо необхідну товщину шару утеплювача, м

$$\delta_{\text{ут}} = (R_0^{\phi} - R_0) \cdot \lambda_{\text{ут}} = (4,5 - 0,336) \cdot 0,038 = 0,158.$$

Так як утеплювач виготовляють у стандартних розмірах обираємо плити товщиною 160 мм.

Розрахунок термічного опору стіни з урахуванням утеплювача, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_{\text{ст}} = R_0 + \left(\frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} \right) = 0,306 + \left(\frac{0,16}{0,038} \right) = 4,55.$$

Знайдене значення $R_{\text{ст}}$ порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}$.

Так як $R_0 = 4,55 > R_{q \text{ min}} = 4,5$, відповідно такий шар утеплювача піходить.

Коефіцієнт теплопередачі горищного перекриття, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

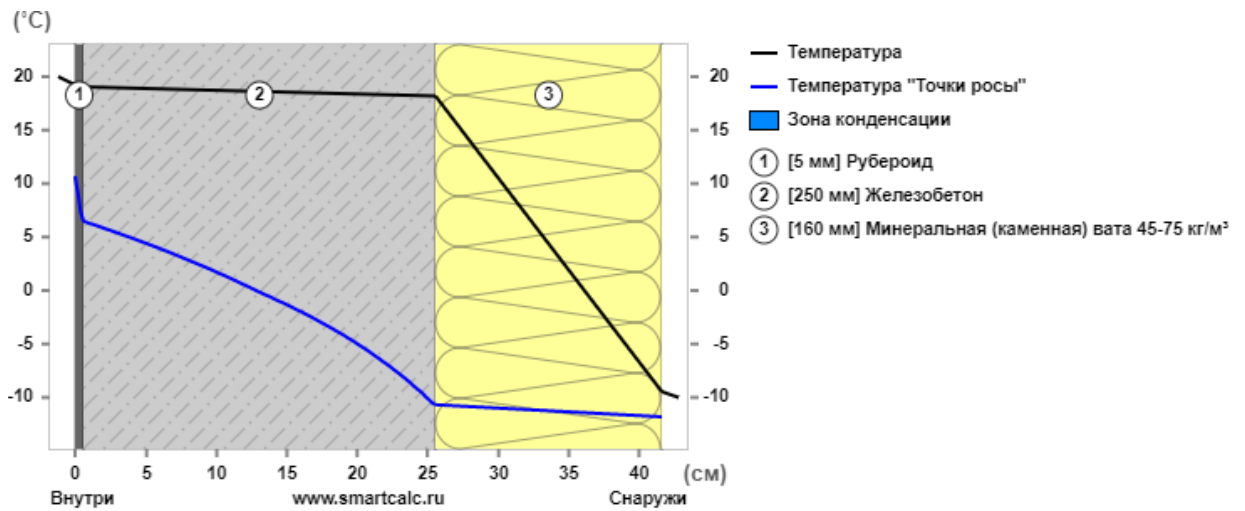
$$K = \frac{1}{R_0} ;$$

$$K = \frac{1}{4,55} = 0,219 .$$

Розрахункові показники інших видів утеплювача наведені у таблиці 2.5. На рисунку 2.5 зображено графік теплового захисту горищного перекриття при утепленні кам'яною ватою.

Таблиця 2.5 – Показники товщини та термічного опору горищного перекриття

Назва утеплювача	Коефіцієнт тепло провідності, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	Розрахунок товщина, м	Термічний опір зовнішньої стіни, R_0 , $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Термічний опір зовнішньої стіни, $R_{\text{ф}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Товщина, м
Кам'яна вата	0,038	0,158	0,336	4,55	0,16
Піноскло	0,07	0,291	0,336	4,62	0,3
Пінополіуретан	0,027	0,112	0,336	4,78	0,12
Льняний утеплювач	0,0354	0,147	0,336	4,57	0,15



1- рубероїд; 2 - залізобетон; 3 - кам'яна вата.

Рисунок 2.5 – Графік теплового захисту горищного перекриття при утепленні кам'яною ватою

Втрати теплоти через підлогу, розташовану на ґрунті, визначають по зонах шириною 2 м. На рисунку 2.6 надано розбивку підлоги по зонах.

Для кожної зони приймаємо:

– першої зони (прилеглої до зовнішнього огородження)

$$R_1 = 2,10 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

– для другої зони - $R_2 = 4,43 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$

– для третьої зони - $R_3 = 8,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$

– для четвертої зони - $R_4 = 14,33 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$

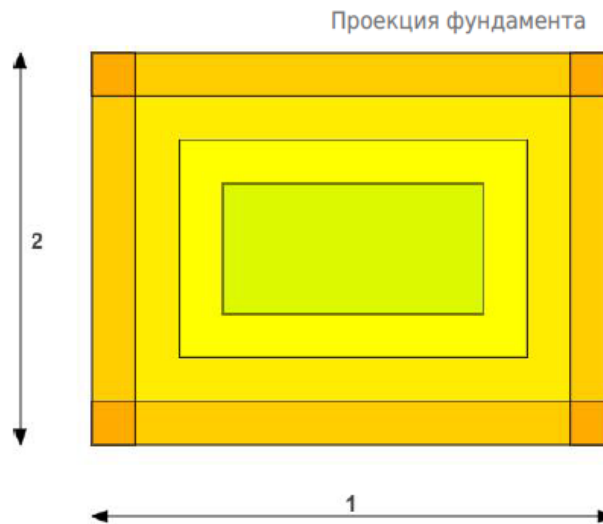
Коефіцієнт теплопередачі перекриття над ґрунтом, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4};$$

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{2,10} + \frac{1}{4,43} + \frac{1}{8,73} + \frac{1}{14,33} = 0,89.$$

На стінах будівлі котельні присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси дверного прорізу (прорізу воріт) в зоні перемички та рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення стінових мінераловатних плит – точкові елементи.



1- довжина приміщення; 2 - ширина приміщення.

Рисунок 2.6 – Розбивка фундаменту на зони

2.2.2 Розрахунок опору теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції

На покрівлі будівлі котельні присутні точкові теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції - дюбелі для кріплення мінераловатних плит.

Кількісні показники та характеристики лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі наведені в таблицях 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.6 - Теплопровідні лінійні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м			Лінійний коефіцієнт теплопередачі, к, Вт/(м·К)
	Побутові приміщення	Виробничі приміщення (ділянки стіни з цегляною кладкою)	Виробничі приміщення (ділянки стіни з пінобетонних плит)	
Віконний відкос в зоні перемички	1,2		120,0	0,081
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,2		120,0	0,064
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,6		109,2	0,071
Дверний відкос в зоні перемички		2,1		0,081
Дверний відкос в зоні рядового примикання		8,6		0,071
Відкос воріт в зоні перемички		3,0		0,081
Відкос воріт в зоні рядового примикання		6,0		0,071

Таблиця 2.7 - Теплопровідні точкові включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Площа поверхні, м ² / Кількість, шт.				Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ, Вт/К
	Побутові приміщення	Виробничі приміщення (ділянки стін з цегляною кладкою)	Виробничі приміщення (ділянки стін з пінобетонних плит)	Покрівля виробничих приміщень	
Дюбелі для кріплення стінових мінераловатних плит	32,6	79,7	376,7	444,0	0,005
	130	638	3014	3552	

Опір теплопередачі фасадної стіни побутового приміщення, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_1 = \frac{S}{\frac{S}{R_0^\phi} + L_{\text{пр}} \cdot k_{\text{пр}} + L_{\text{пд}} \cdot k_{\text{пд}} + L_{\text{р.пр}} \cdot k_{\text{р.пр}} + n \cdot \Psi},$$

де S – площа поверхні, м^2 ;

R_0^ϕ - опір теплопередачі стіни, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$L_{\text{пр}}$, $L_{\text{пд}}$, $L_{\text{р.пр}}$ - протяжність віконних відкосів в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, м;

$k_{\text{пр}}$, $k_{\text{пд}}$, $k_{\text{р.пр}}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі відкосів в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість дюбелів для кріплення утеплюючого матеріалу, шт;

Ψ – точковий коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{К}$

$$R_1 = \frac{32,6}{\frac{32,6}{3,35} + 1,2 \cdot 0,081 + 1,2 \cdot 0,064 + 3,6 \cdot 0,071 + 130 \cdot 0,005} = 3,015.$$

Опір теплопередачі фасадної стіни виробничих приміщень (ділянки стін з цегляною кладкою), $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_2 = \frac{S}{\frac{S}{R_0^\phi} + (L_{\text{дв}} + L_{\text{вв}}) \cdot k_{\text{дв}} + (L_{\text{дв}} + L_{\text{вв}}) \cdot k_{\text{в}} + n \cdot \Psi},$$

де $L_{\text{дв}}$, $L_{\text{вв}}$ - протяжність дверних відкосів в зоні перемички, відкосів воріт в зоні перемички, м;

$k_{\text{дв}}$, $k_{\text{в}}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі дверних відкосів в зоні перемички, відкосів воріт в зоні перемички, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$$R_2 = \frac{79,7}{\frac{79,7}{3,35} + (2,1 + 3,0) \cdot 0,081 + (8,6 + 6,0) \cdot 0,071 + 638 \cdot 0,005} = 2,803.$$

Опір теплопередачі фасадної стіни виробничих приміщень (ділянки стін з залізобітонних плит), (м²·К)/Вт

$$R_3 = \frac{S}{\frac{S}{R_0^\Phi} + L_{\text{пр}} \cdot k_{\text{пр}} + L_{\text{пд}} \cdot k_{\text{пд}} + L_{\text{р.пр}} \cdot k_{\text{р.пр}} + n \cdot \Psi},$$

де $L_{\text{пр}}$, $L_{\text{пд}}$, $L_{\text{р.пр}}$ - протяжність віконних відкосів в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, м;

$k_{\text{пр}}$, $k_{\text{пд}}$, $k_{\text{р.пр}}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі відкосів в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, Вт/(м·К)

$$R_3 = \frac{376,7}{\frac{376,7}{2,96} + 120 \cdot 0,081 + 120 \cdot 0,064 + 109,2 \cdot 0,071 + 3014 \cdot 0,005} = 2,249.$$

Опір теплопередачі покрівлі виробничих приміщень, (м²·К)/Вт

$$R_4 = \frac{S}{\frac{S}{R_0^\Phi} + n \cdot \Psi} = \frac{444}{\frac{444}{4,55} + 3552 \cdot 0,005} = 3,849.$$

Порівняльні дані опору теплопередачі огорожувальних конструкцій наведені в таблиці 2.8. На рисунку 2.7 зображено графік порівняння значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для розрахункових та мінімально допустимих даних.

Таблиця 2.8 - Проектні та нормативні значення опору теплопередачі

Назва будівлі	Огороджувальні конструкції	Значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, $m^2 \cdot K/Wt$	
		Розрахункові	Мінімально допустимі
Адміністративно-побутові приміщення	Стіни (R)	3,33	2,8
	Вікна ПВХ (тип заповнення 4M1-12- 4M1-12-4K)	0,61	0,6
	Двері	1,0	0,5
Виробничі приміщення	Стіни (R)	2,96	2,8
	Стіни (R)	3,33	2,8
	Покрівля (R)	4,55	4,5
	Ворота, двері	1,0	0,55
	Вікна ПВХ (тип заповнення 4M1-12- 4M1-12-4K)	0,61	0,45

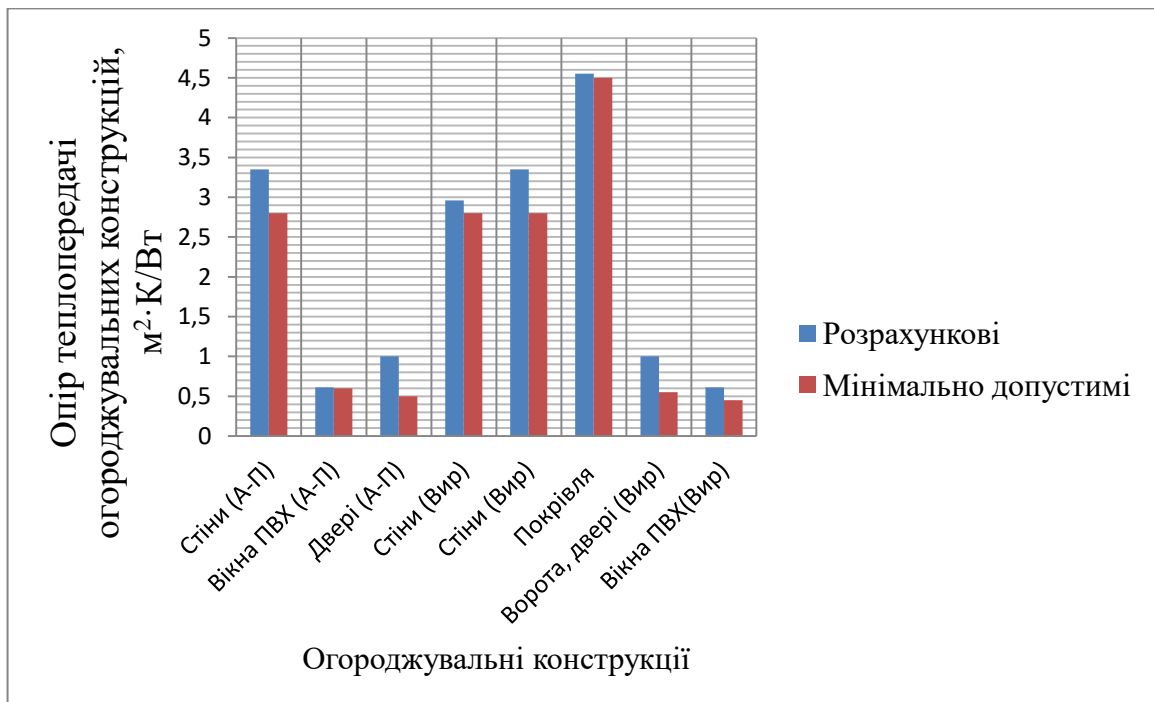


Рисунок 2.7 – Графік порівняння значень опору теплопередачі огороджувальних конструкцій для розрахункових та мінімально допустимих даних

2.3 Підвищення ефективності обладнання

Для того щоб підвищити ефективність обладнання на котельні пропонується встановити економайзер.

Економайзер котла (утилізатор теплового вихлопу) - це теплообмінний агрегат, який підвищує ККД пристрою за рахунок вже відпрацьованої енергії.

Призначення економайзера котла дуже просте - він служить для попереднього підігріву теплоносія за рахунок отримання тепла від газоподібних продуктів горіння, які викидаються в атмосферу. Конструктивно це пристосування являє собою каскад зігнутих труб, об'єднаних в секції і розташованих в шаховому порядку.

Така будова дозволяє сповільнити швидкість виходження газів, в результаті чого вони встигають віддати всю свою теплову енергію і викидаються в атмосферу вже в повністю відпрацьованому вигляді.

Пристрій економайзера парового котла можна розписати наступним чином:

- основу складають сталеві труби з нержавіючої сталі, зігнуті в змійовики і об'єднані в пакети з певною кількістю секцій у кожній зоні;
- розташування вибирається виключно шахове, тому що коридорна компоновка недоцільна з точки зору законів фізики і властивостей теплообміну;
- у системі присутній труба для подачі води і така ж труба для її забору. При цьому бувають киплячій і не киплячій економайзери, які розрізняються максимально допустимою температурою внутрішнього середовища і допустимою конденсацією теплоносія в робочому просторі;
- на додаток монтуються різні контрольні прилади, які в режимі реального часу будуть відслідковувати всі робочі параметри і своєчасно

сповіщати про будь-які зашкалювання показників за межі встановленої норми [27].

По суті, економайзер є опціональною деталлю для котла, яка додає можливість попереднього нагріву теплоносія без використання основної (вивільняється при згорянні палива) теплової енергії обладнання, що допомагає максимально оптимізувати його роботу:

- уникнути забруднення повітря - запобігання викиду перегрітих (чадних) газів сприяє збереженню екологічної та гігієнічної чистоти;
- продовжити термін служби обладнання - швидке нагрівання і підтримання тепла дозволяє не допускати згубних для котла різких перепадів температури;
- зменшити витрати на опалення - зниження споживання енергоносіїв на (4...18) % в кінцевому підсумку призводить до помітної економії коштів.

Процес взаємодії з теплоносієм, який відрізняє різні моделі економайзерів, дозволяє впорядкувати їх за двома основними напрямками:

1. Поверхневі економайзери - нагрівають воду перед її надходженням в котел або воду, яка потрапляє, безпосередньо, в систему опалення (теплофікаційні), через передачу енергії тепла від поверхні стінок каналів;
2. Контактні економайзери - нагрівають теплоносій за рахунок прямого контакту високотемпературних димових продуктів з водою, яка обов'язково деаерується і застосовується для гарячого водопостачання, в тому числі і технологічного.

Залежно від температури внутрішнього середовища економайзер може бути як засобом додаткового підігріву, так і повноцінним нагрівачем:

Економайзер киплячого типу - доводить температуру води на виході аж до точки повного насичення, тобто кипіння (яка відповідає рівню тиску в котлі), по досягненню якої відбувається часткове (15...25) % пароутворення;

Економайзер не киплячого типу - обмежений температурою води при виході на (5...10) °C вище точки конденсації диму, а також при виході нижче

точки кипіння на (20...30) °С для індивідуального обладнання і на (40...50) °С для групового.

Також економайзери класифікуються за матеріалом виготовлення труб, яким визначається їх можливість роботи з високими температурами:

1. Сталевий економайзер - встановлюється на котли з будь-яким тиском і може бути як «киплячим», так і «не киплячим». Виготовляється з гладких змійовиків $d_h = (20...40)$ мм, що розміщуються, зазвичай, в шаховому порядку (рідше - у коридорному). Єдиний істотний недолік - схильність до корозії;

2. Чавунний економайзер - має стійкість до фізичного і хімічного впливу, але підходить для котлів з тиском не більше 2,4 МПа і буває тільки «не киплячим», так як кипіння зруйнує його. Складається з оребрених труб $d_h = (60...80)$ мм, які компонується на поверхні нагрівання в 1 або 2 колонки.

З метою підвищення теплосприйняття і більшої компактності передбачено також вдосконалення конструкції сталевих економайзерів:

1. Плавниковий економайзер - збирається спочатку з труб плавникового профілю або звичайних гладких труб з привареними прямокутними плавниками;

2. Мембранний економайзер - виготовляється вручну з гладкотрубних змійовиків, рівні ділянки яких закриваються суцільними сталевими листами.

Типові конструкції економайзерів набираються з гладкотрубних змійовиків довжиною 1820 мм, діаметром 28×30 мм і радіусом згину 50 мм. Самі місця згинів відхиляються в кут на 5° , що дозволяє розмістити поруч кілька змійовиків і створити більш високощільний пучок з кроками $S_1 = 70$ і $S_2 = 50$ мм. На рисунках 2.8 та 2.9 представлені стандартні докладні креслення [28].

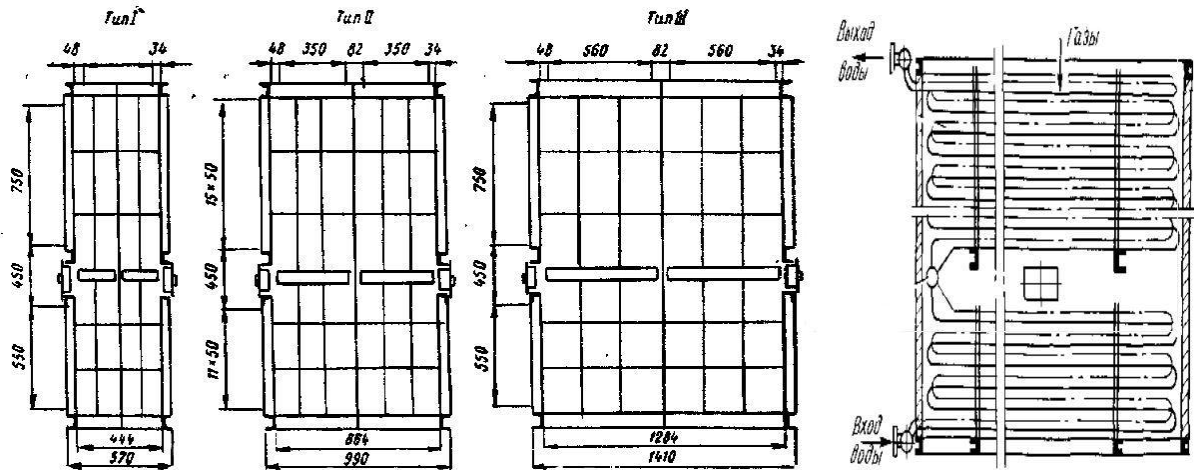


Рисунок 2.8 - Схема економайзера з двома розміщеними в єдиній площині змійовиками

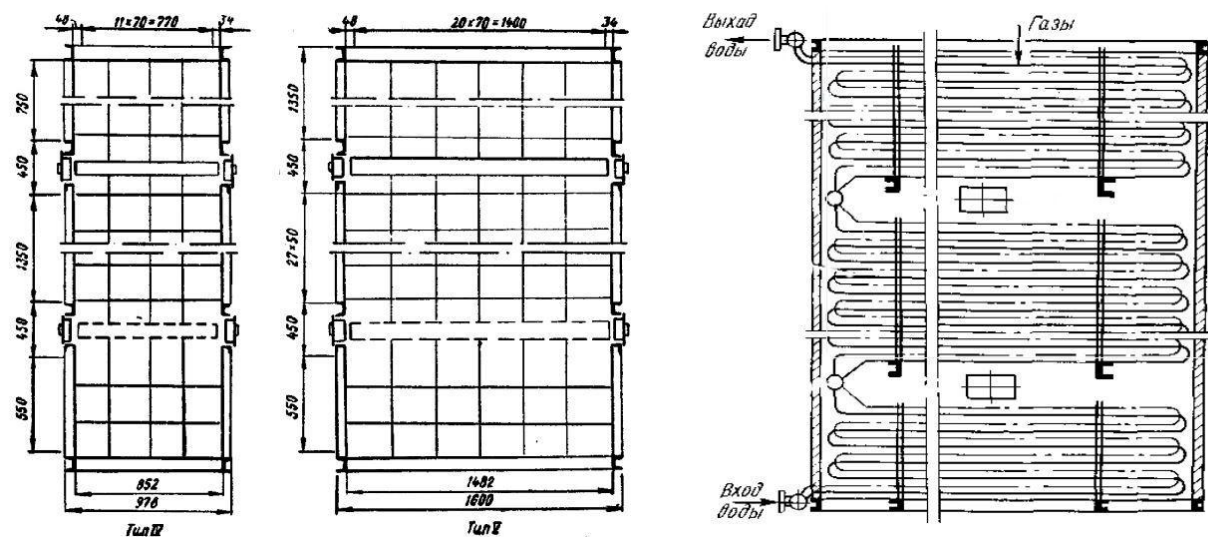


Рисунок 2.9 - Схема економайзера з трьома розміщеними в єдиній площині змійовиками

Для котлів REX – 400 F , фірми "ICI CALDAIE", встановлених у котельні пропонується встановити вертикальний економайзер ICI ECXV фірми "ICI CALDAIE" [29].

2.3.1 Тепловий баланс вертикального економайзера ECXV AX 200 - SIXEN 350

Схема встановлення економайзера ECXV у закритому контурі з баком зберігання конденсату або з деаератором представлена на малюнку 2.10 [30]

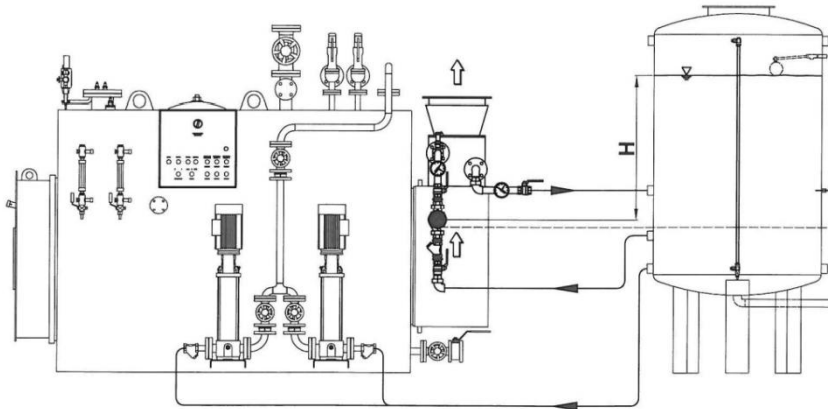


Рисунок 2.10 - Схема встановлення економайзера у закритому контурі

Вихідні дані для розрахунку економайзера:

- температура димових газів на вході у економайзер - $t'_{д.г.} = 240 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура димових газів на виході з економайзера - $t''_{д.г.} = 119 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура рідини на вході у економайзер - $t'_{р.} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура рідини на виході з економайзера - $t''_{р.} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$;
- корисна потужність - $Q = 15 \text{ кВт}$;
- ККД установки - $\eta = 0,98$ [30].

Середня температура димових газів, $^\circ\text{C}$

$$t_{д.г.} = \frac{t'_{д.г.} + t''_{д.г.}}{2} = \frac{240 + 119}{2} = 179,5,$$

де $t'_{д.г.}$ - температура димових газів на вході у економайзер, $^\circ\text{C}$;

$t''_{д.г.}$ - температура димових газів на виході з економайзера, $^\circ\text{C}$.

Масова витрата димових газів, м³/с

$$G_{\text{д.г.}} = V \cdot m_{\text{д.г.}} = 0,152 \cdot 12,769 = 1,941 ,$$

де $m_{\text{д.г.}}$ - сумарна кількість продуктів згоряння, приймається
 $m_{\text{д.г.}} = 12,769 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [31];

V – витрата газу на котел, м³/с

$$V = \frac{Q_{\text{г.к.}}}{\eta \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}}} = \frac{4,14}{0,98 \cdot 8050} = \frac{547,11 \frac{\text{М}^3}{\text{ГОД}}}{3600} = 0,152 ,$$

де η - ККД котла;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ - теплота сгоряння палива, $Q_{\text{р}}^{\text{н}} = 8050 \text{ Ккал/м}^3$;

$Q_{\text{г.к.}}$ - теплопродуктивність котла, $Q_{\text{г.к.}} = 4,14 \text{ Гкал/год.}$

Тепловий потік, який передається димовими газами, Вт

$$Q_1 = G_{\text{д.г.}} \cdot (h_1 - h_2) \cdot 10^3 = 1,941 \cdot (272,2 - 146,1) \cdot 10^3 = 244760,1 ,$$

де $G_{\text{д.г.}}$ - масова витрата димових газів, м³/с ;

h_1 – ентальпія димових газів для температури 240 °С, $h_1 = 272,2 \text{ кДж/кг}$;

h_2 – ентальпія димових газів для температури 119 °С,
 $h_2 = 146,1 \text{ кДж/кг}$ [31].

Тепловий потік, сприйнятий водою, Вт

$$Q_{\text{вод1}} = Q_1 \cdot \eta_{\text{уст}} = 244760,1 \cdot 0,98 = 239864,89 ,$$

де Q_1 - тепловий потік, який передається димовими газами, Вт;

η - ККД установки.

Тепловий потік, що сприймається водою в зоні нагріву, Вт

$$Q_H = Q \cdot (h_4 - h_3) \cdot 10^3 = 15000 \cdot (376,94 - 313,94) \cdot 10^3 = 945 ,$$

де Q - корисна потужність установки, Вт ;

h_3 – ентальпія рідини для температури 75 °С, $h_3 = 313,94$ кДж/кг;

h_4 – ентальпія рідини для температури 90 °С, $h_4 = 376,94$ кДж/кг [32].

Площа поверхні теплообміну в зоні нагріву, м²

$$F = \frac{Q_H}{K_\phi \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{945}{30 \cdot 86,42} = 0,37 ,$$

де K_ϕ - коефіцієнт теплопередачі, прийнятий за дослідними даними,
 $K_\phi = 30$;

Δt_{cp} - середня різниця температур, °С

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_H}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_H}} = \frac{(240 - 90) - (119 - 75)}{\ln \frac{(240 - 90)}{(119 - 75)}} = 86,42 .$$

2.3.2 Тепловий баланс вертикального економайзера ECXV AX 800 - SIXEN 1350

Схема встановлення економайзера ECXV у закритому контурі з модульною системою живильної води представлена на рисунку 2.11 [33].

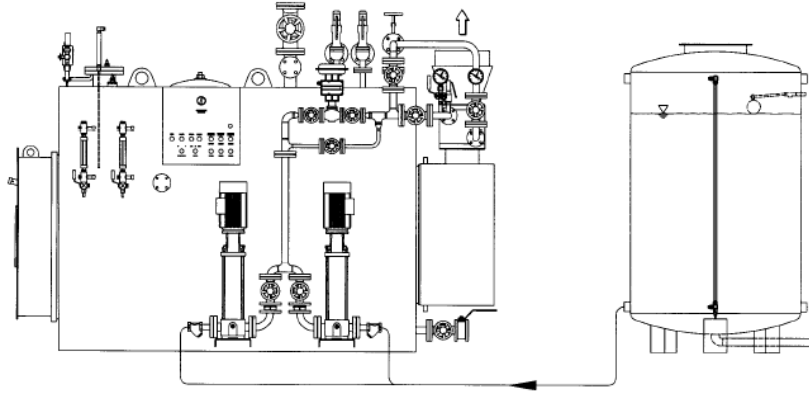


Рисунок 2.11 - Схема встановлення економайзера ЕСХV з модульною системою живильної води

Вихідні дані для розрахунку економайзера:

- температура димових газів на вході у економайзер - $t'_{д.г.} = 240 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура димових газів на виході з економайзера - $t''_{д.г.} = 149 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура рідини на вході у економайзер - $t'_{р.} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура рідини на виході з економайзера - $t''_{р.} = 109 \text{ }^\circ\text{C}$;
- корисна потужність - $Q = 47 \text{ кВт}$;
- ККД установки - $\eta = 0,99$ [33].

Середня температура димових газів, $^\circ\text{C}$

$$t_{д.г.} = \frac{t'_{д.г.} + t''_{д.г.}}{2} = \frac{240 + 149}{2} = 194,5,$$

де $t'_{д.г.}$ - температура димових газів на вході у економайзер, $^\circ\text{C}$;

$t''_{д.г.}$ - температура димових газів на виході з економайзера, $^\circ\text{C}$.

Масова витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$

$$G_{д.г.} = V \cdot m_{д.г.} = 0,152 \cdot 12,769 = 1,941,$$

де $m_{д.г.}$ - сумарна кількість продуктів згорання, приймається

$$m_{д.г.} = 12,769 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ [34];}$$

V – витрата газу на котел, $\text{м}^3/\text{с}$

$$V = \frac{Q_{\text{г.к.}}}{\eta \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}}} = \frac{4,14}{0,94 \cdot 8050} = \frac{547,11 \frac{\text{М}^3}{\text{ГОД}}}{3600} = 0,152 ,$$

де η - ККД котла;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ - теплота сгоряння палива, $Q_{\text{р}}^{\text{н}} = 8050 \text{ Ккал}/\text{м}^3$;

$Q_{\text{г.к.}}$ - теплопродуктивність котла, $Q_{\text{г.к.}} = 4,14 \text{ Гкал}/\text{год}$.

Тепловий потік, який передається димовими газами, Вт

$$Q_1 = G_{\text{д.г.}} \cdot (h_1 - h_2) \cdot 10^3 = 1,941 \cdot (272,2 - 246,1) \cdot 10^3 = 50660,1 ,$$

де $G_{\text{д.г.}}$ - масова витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$;

h_1 – ентальпія димових газів для температури $240 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_1 = 272,2 \text{ кДж}/\text{кг}$;

h_2 – ентальпія димових газів для температури $149 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_2 = 246,1 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Тепловий потік, сприйнятий водою, Вт

$$Q_{\text{вод1}} = Q_1 \cdot \eta_{\text{уст}} = 50660,1 \cdot 0,99 = 239864,89 ,$$

де Q_1 - тепловий потік, який передається димовими газами, Вт;

η - ККД установки.

Тепловий потік, що сприймається водою в зоні нагріву, Вт

$$Q_{\text{н}} = Q \cdot (h_4 - h_3) \cdot 10^3 = 47000 \cdot (457,08 - 334,92) \cdot 10^3 = 5741,52 ,$$

де Q - корисна потужність установки, Вт ;

h_3 – ентальпія рідини для температури $80 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_3 = 457,08 \text{ кДж}/\text{кг}$;

h_2 – ентальпія рідини для температури $109 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_4 = 334,92 \text{ кДж}/\text{кг}$ [35].

Площа поверхні теплообміну в зоні нагріву, м²

$$F = \frac{Q_H}{K_\phi \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{5741,52}{30 \cdot 96,71} = 1,998,$$

де K_ϕ - коефіцієнт теплопередачі, прийнятий за дослідними даними,
 $K_\phi = 30$;

Δt_{cp} - середня різниця температур, °С

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_H}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_H}} = \frac{(240 - 109) - (149 - 80)}{\ln \frac{(240 - 109)}{(149 - 80)}} = 96,71.$$

2.4 Економія коштів при впровадженні варіантів підвищення ефективності обладнання

2.4.1 Витрати на газ котлом REX – 400 F , фірми "ICI CALDAIE"

Витрати на газ котлом за рік, грн

$$Z_K = B_1 \cdot z_{\text{газ}} = 739578,74 \cdot 6,73064 = 4977838,25,$$

де z – вартість 1 м³ газу, $z = 6,73064$ грн/м³;

B_1 – річна витрата газу до встановлення економайзеру, м³

$$B_1 = \frac{Q_p}{\eta \cdot Q_H} = \frac{6508500}{0,94 \cdot 9,362} = 739578,74,$$

де Q_p – річний відпуск тепла споживачам, $Q_p = 6508500$ кВт·год;

η - середньорічний ККД котла, $\eta = 94$ %;

Q_H^p – теплота згоряння палива, $Q_H^p = 9,362$ (кВт · год)/м³.

2.4.2 Витрати на газ котлом REX – 400 F , фірми "ICI CALDAIE", після встановлення економайзеру ECXV AX 200 - SIXEN 350

Витрати на газ котлом за рік після встановлення економайзеру, грн

$$Z_1 = B_2 \cdot z_{\text{газ}} = 709391,85 \cdot 6,73064 = 4774661,18 ,$$

де B_2 – річна витрата газу після встановлення економайзеру, м³

$$B_2 = \frac{Q_p}{\eta \cdot Q_H^p} = \frac{6508500}{0,98 \cdot 9,362} = 709391,85 ,$$

де η - ККД установки, $\eta = 98$ %.

2.4.3 Витрати на газ котлом REX – 400 F , фірми "ICI CALDAIE", після встановлення економайзеру ECXV AX 800 - SIXEN 1350

Витрати на газ котлом за рік після встановлення економайзеру, грн

$$Z_2 = B_3 \cdot z_{\text{газ}} = 702226,28 \cdot 6,73064 = 4726432,28 ,$$

де B_3 – річна витрата газу після встановлення економайзеру, м³

$$B_3 = \frac{Q_p}{\eta \cdot Q_H^p} = \frac{6508500}{0,99 \cdot 9,362} = 702226,28 ,$$

η - ККД установки, $\eta = 99$ %.

2.4.4 Економія від встановлення економайзеру

Економія від встановлення економайзеру ECXV AX 200 - SIXEN 350, грн/рік

$$E_1 = Z_k - Z_1 = 4977838,25 - 4774661,18 = 203177,07 ,$$

де Z_k - витрати на газ котлом за рік, грн. ;

Z_1 - витрати на газ котлом за рік після встановлення економайзеру економайзеру ECXV AX 200 - SIXEN 350, грн .

Економія від встановлення економайзеру ECXV AX 800 - SIXEN 1350, грн/рік

$$E_2 = Z_k - Z_2 = 4977838,25 - 4726432,28 = 251405,97 ,$$

де Z_2 - витрати на газ котлом за рік після встановлення економайзеру економайзеру ECXV AX 800 - SIXEN 1350, грн .

2.4.5 Економія від встановлення пелетного котла СЕТІК ЕКО MG - 5 МВт

Цей котел зроблений на турецькому заводі СЕТІК ІSІ SАNAYІ. Головною особливістю цієї моделі є рухома решітка, яка дозволяє спалювати будь-яке тверде паливо, крім пилоподібного [36].

Спалювання палива відбувається на рухомій похилій колосниковій решітці з гідравлічним приводом. Матеріал колосників - ковкий чавун 28 % хрому, 2 % нікелю.

Колосники встановлені таким чином, що кожен наступний колосник частково перекриває попередній. Ряди колосників діляться на рухомі і нерухомі. Між колосниками в вертикальних і горизонтальних площинах є

отвори, через які відбувається подача первинного повітря для процесу спалювання палива.

Рухливі колосники зіштовхують паливо до низу решітки, що істотно покращує умови горіння палива з низькими показниками якості: такі як низька калорійність, висока зольність і вологість. Рухливі колосники приводяться до рух спеціальним гідравлічним приводом. Регулювання теплової продуктивності колосникових решіток може здійснюватися шляхом зміни частоти зворотно-поступальних рухів колосників. Система подачі палива подає паливо на верхній колосник. Рухома конструкція колосників дозволяє отримати рівномірне прогрівання теплообмінника котла за рахунок рівномірного розподілу палива по всій площі колосникових решіток. Напрямок руху первинного повітря збігається з напрямком руху палива, таким чином повітря також впливає на переміщення палива в потрібному напрямку.

У топці над похилою поверхнею колосників передбачений спеціальний тепловідбивний екран з вогнетривкого матеріалу, який витримує температуру 1650 °С. Даний екран направляє полум'я від низу до верху, в протилежному напрямку руху палива. Це дає дві переваги:

- встановлення відзеркалюючого тепло екрану забезпечує ефективне спалювання твердого палива завдяки довшому проходженню полум'я в топці котла, таке рішення так само зменшує кількість іскор, що виходять з палаючого палива;

- полум'я, що піднімається над твердим паливом, осушують його, тим самим поліпшується процес спалювання навіть палива з високою вологістю.

Остаточне спалювання палива відбувається на самому нижньому - горизонтальному колоснику зі спеціально передбаченими отворами, через які зола зсипається в зольник [37].

Витрати на паливо котлом за рік, грн

$$Z_{\text{п.к.}} = B_4 \cdot z_{\text{п}} = 1665566,27 \cdot 3 = 4996698,81 ,$$

де $z_{\text{п}}$ – вартість 1 кг пелетів, $z_{\text{п}} = 3$ грн;

B_4 – річна витрата пелетів , кг

$$B_3 = \frac{Q_p}{\eta \cdot Q_H^p} = \frac{6508500}{0,8 \cdot 4,8846} = 1665566,27 ,$$

де Q_p – річний відпуск тепла споживачам, $Q_p = 6508500$ кВт·год;

η - середньорічний ККД котла, $\eta = 80$ %;

Q_H^p – теплота згоряння палива, $Q_H^p = 4,8846$ (кВт · год)/кг.

Різниця між вартістю палива за рік, грн.

$$P = Z_{\text{п.к.}} - Z_{\text{к}} = 4996698,81 - 4977838,25 = 18860,56 ,$$

де $Z_{\text{п.к.}}$ - витрати на паливо котлом СЕТІК ЕКО МG - 5 МВт за рік, грн.;

$Z_{\text{к}}$ - витрати на газ котлом REX – 400 F за рік, грн.

На рисунку 2.12 представлено графік порівняння витрат на паливо котлом REX – 400 F, котлом СЕТІК ЕКО МG – 5, установки яка складається з котла REX – 400 F та економайзера ЕСХV АХ 200 - SIXEN 350, установки яка складається з котла REX - 400F та економайзера ЕСХV АХ 800 - SIXEN 1350.

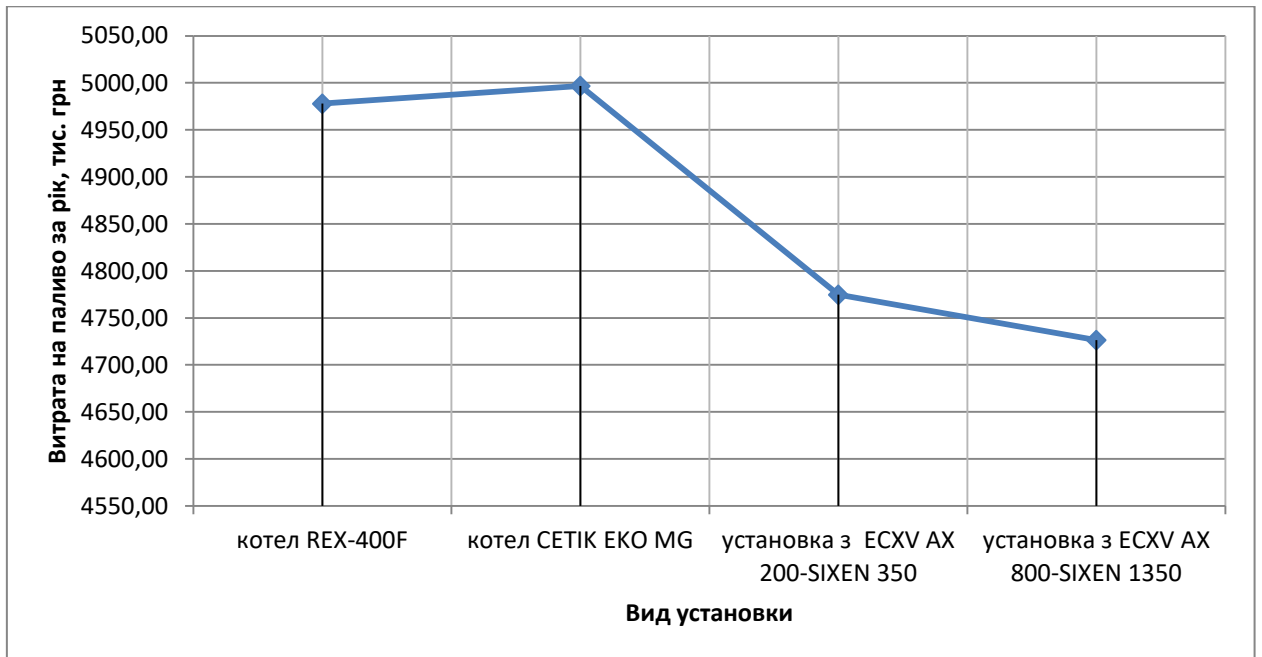


Рисунок 2.12 - Графік порівняння витрат коштів на паливо за рік

Для того щоб досягти довговічності і якості роботи гідравлічної системи необхідно використовувати деаератор. Він застосовується в усіх котельнях, так як налагоджує стабільну і правильну роботу системи.

Деаерація - це процес очищення рідини від різних домішок. Наприклад, від вуглекислого газу і кисню. Для організації системи водопідготовки в котельні обов'язково використовують деаератор. Він допомагає поліпшити якість роботи.

Першим способом є хімічна деаерація. В такому випадку в воду додають реагенти, внаслідок чого з води видаляються зайві гази. Другий спосіб називається термічна деаерація. Вода нагрівається до кипіння до тих пір, поки вона не очиститься від газоподібних речовин, які в ній розчинилися.

Деаератори мають загальний двоступінчасте влаштування. Таким чином, в бак потрапляє вода, де вона протікає через мембрани, а потім очищається від домішок. Хімічна вода, яка знаходиться в баку, не дає утворюватися різним природним домішкам в теплоносії.

Деаератори бувають зниженого і підвищеного тиску. Так як кисень і вуглекислий газ відносяться до агресивних газів, то вони сприяють утворенню корозії в трубопроводах, а також зношують їх. Для того щоб цього не відбувалося необхідно перед подачею води по трубопроводах її підготувати. Саме для цього використовують деаераційні фільтри.

Через загазованості води виникають різні несправності в системі. Деякі з них можуть привести до витoku води або газу або зовсім вивести систему з ладу. Наявність газових бульбашок у воді призводить до неякісної роботи насосів, форсунки і погіршує функції гідравлічної системи [38].

Найчастіше на котельнях застосовуються установки вертикального і атмосферного типу з додатковим барботажний баком, через який відбувається випаровування. А в основному баку відбувається змішування води з хімічно підготовленої сумішшю, її проходження через тарілки і відділення газоподібних і інших домішок.

Для нашого об'єкту підійдуть вакуумні термічні системи, які застосовуються для очищення води для водогрійних котлів. Так як дегазація вакуумом найкраще підходить для функціонування котелень, які забезпечують гаряче водопостачання [39].

2.5 Теплова ізоляція котла

Також підвищити ефективність котлів можливо завдяки тепловій ізоляції елементів котла. Теплоізоляція елементів котла забезпечує можливість проведення процесів горіння при заданих параметрах, дозволяє створити безпечні умови праці на виробництві, знижує втрати тепла.

Матеріали для ізоляції котельного устаткування, повинні мати наступні якості:

- високі теплоізоляційні властивості і механічна міцність при високих температурах;

- достатню гнучкість в умовах значної зміни температури;
- можливість використання для багатошарової ізоляції.

Ізоляцію труб, повітропроводів і інших вузлів котельної установки належить виконувати з теплоізоляційних матеріалів і виробів, які мають високу температуростійкість і не змінюють своїх показників при тривалій дії робочих температур, мають мінімальну об'ємну вагу, низький коефіцієнт теплопровідності, достатню механічну міцність при тривалому нагріві.

Зважаючи на високі температури труб, потрібно укладання ізоляції два-три шари для забезпечення достатньої товщини і міцності ізоляції трубопроводу. Матеріал для теплоізоляції котельних труб повинен мати достатню пластичність і забезпечувати можливість теплового розширення конструкції. Між шарами ізоляції слід прокласти алюмінієву фольгу для стримання тепла від труби. Вогнетривкі матеріали на основі базальтової вати мають хороші теплоізоляційні характеристики, витримують дуже високі температури, а також значні перепади температур між елементами конструкції котла.

Коли утеплення котла роблять за допомогою плит базальтової або мінеральної вати, потрібно заздалегідь виготовити металевий каркас. Обрешетування, на яке кріпитимуться плити утеплювача, приварюється безпосередньо до корпусу котла. На підготовлений каркас монтується теплоізоляційний шар, який необхідно зміцнити за допомогою металевої сітки. Згори наноситься тонкий шар вапняно - шлакового розчину.

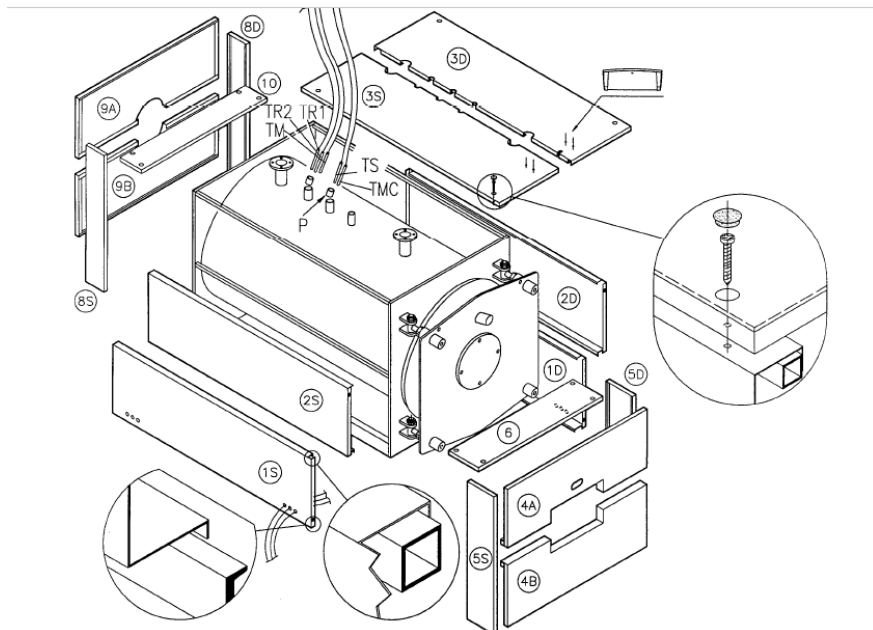
Важливим аспектом при утепленні котла є теплоізоляція його димаря. На трубу монтуються теплоізоляційні плити мінеральної або базальтової вати, які кріпляться до димаря за допомогою стандартних кріпильних елементів або фольгованого скотча. Згори теплоізоляційний шар закривається металевим каркасом, елементи якого з'єднуються, щоб запобігти між ними проміжків, що порушують цілісність зовнішньої обшивки термоізоляційного шару. Згори утеплювач, який знаходиться між

металевим кожухом і димохідною трубою замазується цементним розчином [40].

На рисунку 2.13 представлено обшивання котла REX - 400F.

Для встановлення обшивки з пружинними затискачами слід звертатись до цієї інструкції:

- обгорнути скловатою корпус котла, залишивши видимими Зумпфи для колб (P), які розташовані на правій стороні;
- у отвори, що знаходяться на нижній частині панелей (1S) і (1D), в залежності від призначення отворів дверцят, пропустити з'єднувальні дроти між пальником - панеллю керування;
- встановити нижню панель (1S), закріпивши згин труби з квадратним перетином, виконати ту ж операцію з верхньою панеллю (2S);
- встановити верхню панель (3S) на котел;
- зафіксувати панель управління на панелі (3S);
- розмотати капіляри термостатів і термометра і вставити колби в зумпфи (P);
- встановити панелі (1D), (2D) і (3D) переконавшись, що капіляри вставлені у відповідні отвори (3D), міцно зафіксувати панель управління;
- встановити панелі (5S) і (5D), прикріплюючи їх до бічних панелей за допомогою скоб;
- з'єднати передні панелі (4B) і (4A), прикріпивши до панелей (5S) і (5D). Закрити обшивку дверцят верхньою панеллю (6), закріпивши її гвинтами і закривши отвори заглушками;
- встановити панелі (8S) і (8D), прикріплюючи їх до бічних панелей за допомогою скоб, з'єднати задні панелі (9B) і (9A), прикріпивши до панелей (8S) і (8D);
- закрити обшивку димоходу верхньою панеллю (10), закріпивши її гвинтами і закривши отвори заглушками [41].



Р - Зумпфи для колб; TR1, TR2 - Регулюючі термостати котла;
 TS - Запобіжний термостат; ТМ - Термостат запуску циркуляції;
 ТМС - Термометр котла.

Рисунок 2.13 - обшивання котла REX 400F

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Токсикологічна, пожежо-вибухонебезпечна характеристика матеріалів

Основним паливом для роботи котельні передбачається природний газ.

Природний газ за своїми властивостями є вибухо-пожежонебезпечним та відноситься до I-го класу безпеки.

При всіх можливих аваріях, пов'язаних з розгерметизацією трубопроводів, в атмосферу викидається одорований природний газ.

Природний газ – безколірна, малотоксична речовина, викликає наркотичне сп'яніння, майже в два рази легший за повітря (у зв'язку з цим при викидах намагається зайняти більш високі шари атмосфери), температура займання газу (650...670) °С, межі вибуховості – (5...15) % об'єму.

У великих концентраціях газ небезпечний при вдиханні. Викликає головокружіння, почуття задухи, головну біль. Метан не ядовитий, але його значний вміст в повітрі може привести до задухи через нестачу кисню.

3.2 Характеристика виробничих приміщень, категорії вибухо-пожежної безпеки

Проектована будівля хімводоочистки, де розташована водогрійна котельня згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою «Г», «Д».

На рисунку 3.1 представлено ступінь вогнестійкості, клас відповідальності та категорію складності будівлі.

Таблиця 3.1 - Будівлі та споруди за ознаками вогнестійкості, відповідальності, складності

Назва параметрів	Значення
	Тип 1
Клас функціональної пожежної безпеки ДБН В.1.1-7-2016	Ф5
Ступінь вогнестійкості споруди ДБН В.1.1-7-2016	II
Клас наслідків (відповідальності) будівлі (ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013)	СС2
Категорія складності будівлі (ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013)	III
Клас конструктивної пожежної безпеки (ДБН В.1.1-7-2016)	С0
Агресивність виробничого середовища	неагресивне
Будівлі та споруди	котельня (в будівлі хімводоочистки)

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

Згідно вимог Статті 8 Закону України "Про пожежну безпеку" і "Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки..." усі працівники при прийнятті на роботу і щорічно за місцем роботи проходять навчання та інструктажі з питань пожежної безпеки. Посадові особи до почату виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) також проходять навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до робіт осіб, які не пройшли навчання, інструктажу і перевірки

знань з питань пожежної безпеки, забороняється.

Керівнику слід визначити обов'язки посадових осіб (у тому числі заступників керівника) щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту згідно "Правил пожежної безпеки в Україні", пункт 3.2, слід відобразити у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях, наказах).

На об'єкті необхідно визначити:

- можливість (місце) куріння, застосування відкритого вогню;
- застосування побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- порядок відключення від мережі електрообладнання в разі виникнення пожежі;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту;
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного та іншого інженерного обладнання;
- дії працівників у разі виникнення пожежі;
- порядок виклику відповідальних посадових осіб в разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні та святкові дні;

- опрацювати загальнооб'єктову інструкцію про заходи пожежної безпеки та інструкції для усіх приміщень ("Правила пожежної безпеки в Україні", пункт 3.4);
- розробити та вивісити на видних місцях плани евакуації людей на випадок пожежі, до схематичного плану евакуації адміністрація зобов'язана опрацювати інструкцію, що визначає дії персоналу щодо забезпечення та швидкої евакуації людей, за якою не рідше одного разу на півроку мають проводитися практичні тренування усіх задіяних працівників ("Правила пожежної безпеки в Україні", пункт 3.5);
- обслуговуючий персонал повинен кожного року проходити курс навчання правилам пожежної безпеки, затвердженим адміністрацією, з урахуванням специфіки об'єкта ("Правила пожежної безпеки в Україні", пункт 3.22).

Як первинний засіб пожежогасіння на території будівлі знаходяться пожежні щити, укомплектовані бочкою з водою, ящиком з піском [42].

3.4 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкта

Котельна установка належить до небезпечних виробничих об'єктів, тому безпека експлуатації даного об'єкту, забезпечується на всіх його етапах, а саме:

- проектування (існуюча санітарно-захисна зона підприємства з обслуговування автомобілів складає – 50 м згідно «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів»);
- виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;
- освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;
- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт.

3.5 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкта

Автоматика управління котла забезпечує контроль та регулювання основних параметрів роботи котла. Насосне обладнання передбачено з низьким питомим споживанням електричної енергії та з частотним регулюванням.

Запроектована теплова ізоляція обладнання та трубопроводів, що забезпечує не перевищення нормативних показників втрат теплового потоку.

Для підживлення системи тепlopостачання передбачається вода, яка пройшла попередню хімічну обробку в станції існуючої автоматичної хімводопідготовки.

Після закінчення будівельних та монтажних робіт проводиться пусконаладжувальні роботи спеціалізованою організацією.

Промисловий майданчик ТОВ «ЗТМК», на якому розташована котельня має огорожу та охоронну сигналізацію для унеможливлення проникнення на його територію [43].

3.6 Безпека праці під час експлуатації котелень

Протягом минулого опалювального періоду в Україні були зафіксовані нещасні випадки зі смертельним наслідком під час експлуатації котлів. Основними причинами стали: незадовільний технічний стан котлів, не проведення повторного інструктажу з охорони праці з оператором котельні, відсутність постійного нагляду за котлом тощо.

3.6.1 Загальні положення

Працівник зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці;
- особисто вживати посильні заходи щодо усунення небезпечної

виробничої ситуації;

- виконувати вимоги інструкції підприємства.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

До роботи у котельні допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичний огляд, спеціальне навчання і мають посвідчення кваліфікаційної комісії на право обслуговування котлів, пройшли вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці.

Працівник повинен дотримуватись вимог правил внутрішнього трудового розпорядку:

- дотримуватись технологічної дисципліни;
- дбайливо ставитись до устаткування, інструменту, пристроїв, матеріалів, спецодягу та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), передбачених для цієї спеціальності, зберігати ЗІЗ у спеціально відведених місцях;
- утримувати в чистоті робоче місце та територію біля котельні.

На робочому місці не дозволяється палити, вживати спиртні напої та інші речовини, що справляють наркотичну дію на організм людини. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених та обладнаних місцях.

Щоб запобігти травмуванню і виникненню травмонебезпечних ситуацій, дотримуйтесь таких вимог:

- не залишайте обладнання котельні без нагляду і не допускайте до роботи на ньому осіб, які не пройшли навчання;
- приміщення котельні, котли і все її устаткування слід утримати у справному стані і чистоті. Забороняється захаращувати приміщення котельні або зберігати у ньому матеріали та речі. Проходи у приміщенні котельні і виходи з нього завжди повинні бути вільними. Двері для виходу з котельні повинні легко відчинятись;
- не виконуйте роботи, яка не входить у ваші обов'язки;

- при виявленні несправностей повідомте директора або ліквідуйте їх власними силами, якщо це входить у ваші обов'язки.

Умійте надавати першу (долікарську) допомогу при кровотечах, переломах, порізах, ураженні електричним струмом, раптовому захворюванні. Отримавши травму, повідомте про це безпосереднього керівника особисто або через іншу особу.

Дотримуйтесь вимог особистої гігієни:

- верхній одяг, головний убір, вуличне взуття, особисті речі залишайте в шафі для одягу;
- роботу виконуйте в чистому спецодязі;
- харчуйтеся в кімнаті для вживання їжі.

Вивчіть правила користування первинними засобами пожежогасіння, протипожежним інвентарем, знайте місця їх розташування.

За порушення вимог інструкції працівник притягається до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законодавством України.

3.6.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Одягніть спецодяг, спецвзуття, захисні окуляри.

Заступаючи на чергування, персонал котельні зобов'язаний ознайомитися із записами у змінному журналі і перевірити справність котлів та їхнього устаткуванням також справність аварійного освітлення та сигналізації для виклику адміністрації.

Не дозволяється приймати і здавати чергування під час ліквідації аварій у котельній.

Перед розпалюванням котла слід старанно перевірити:

- справність топки і газоходів, запірних та регулювальних пристроїв;
- справність контрольно-вимірювальних приладів, арматури, живильних пристроїв, димососів та вентиляторів, а також природної тяги;

- заповнення котла водою до позначки нижчого рівня, а при наявності водяного економайзера – заповнення його водою;
- чи утримується рівень води у котлі, чи немає пропуску її через фланці та арматуру;
- чи немає заглушок перед і після запобіжних клапанів, на парю, і газопроводах, на живильній, спускній та продувальній лініях;
- відсутність у топці і газоходах людей або сторонніх предметів.

Безпосередньо перед розпалюванням котла необхідно продути топку і газоходи протягом (10...15) хв. (залежно від конструкції котла) відкриванням дверець топки, піддувала, шиберів для регулювання подачі повітря, заслінок природної тяги, а при наявності димососів і вентиляторів їх вмиканням.

При виявленні несправностей, повідомте про них безпосереднього керівника і без його дозволу до роботи не приступайте.

3.6.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

До початку будь-яких робіт всередині котла, з'єднаного з іншими працюючими котлами загальними трубопроводами (паропровід, живильні, дренажні, випускні лінії і т.д.), а також перед оглядом або ремонтом елементів, що працюють під тиском, при наявності небезпеки опіку людей парою або водою, котел треба відділити від трубопроводів заглушками.

Відкривати люки і лючки а також ремонтувати елементи котлів дозволяється тільки при повній відсутності тиску. Перед відкриттям люків і лючків, розміщених у межах водяного простору, воду з елементів котлів та економайзерів необхідно повністю видалити.

Виконання робіт в середині топок і газоходів котла допускається тільки при температурі, що не перевищує (50...60) °С при наявності письмового дозволу (наряду – допуску) керівника, написаного після відповідної перевірки місця роботи. Термін перебування однієї і тієї ж особи всередині

котла чи газоходу за цих температурних умов не повинен перевищувати 20 хв.

На вентиляторах, засувках і заслінках при відключенні ділянок трубопроводів і газоходів, а також на пускових пристроях димососів, дуттєвих вентиляторів та живильників палива необхідно вивішувати плакати «Не вмикати, працюють люди». Одночасно на пускових пристроях димососів, дуттєвих вентиляторів і живильників палива необхідно зняти плавкі вставки. Установка та зняття заглушок виконуються у відповідності з нарядом - допуском.

Під час роботи у котлі, на його площадках та в газоходах для електроосвітлення застосовується напруга, що не перевищує 12 В.

Перед закриттям люків і лазів необхідно перевірити, чи не залишились всередині котла люди або сторонні речі, а також перевірити наявність і справність пристроїв, які встановлюються всередині котла.

Котли розпалюють тільки при наявності розпорядження старшого (завідуючого) або особи, яка заступає його, записаного у змінному журналі. У розпорядженні повинна бути вказана тривалість заповнення котла водою і її температура. Персонал котельні має бути попередженим про час розпалювання котла.

Котли розпалюються протягом часу, встановленого адміністрацією, при слабкому вогні, зменшеній тязі, закритому паровому вентилю і відкритому запобіжному клапані або вентилю (кран) для випуску повітря. Під час розпалювання котла необхідно забезпечити рівномірне прогрівання його частин і заздалегідь ввімкнути пристрій для підігрівання води у нижньому барабані котла.

Застосування під час розпалювання котла, що працює на твердому паливі, легкозаймистих матеріалів (бензин, гас та ін.) не допускається.

Якщо з відкритого запобіжного клапана або повітряного вентиля почне виходити пара, необхідно закрити запобіжний клапан або повітряний вентиль за пароперегрівачем.

Підтягування болтів лазів, люків під час розпалювання котла треба виконувати з великою обережністю, тільки ключем, без застосування подовжуючих важелів і у присутності осіб, відповідальних за котельню. Для котлів з робочим тиском до 6 кгс/см^2 підтягування болтів лазів і люків допускається при тиску не більшому, як 50 % робочого тиску, ($6 \dots 60$) кгс/см^2 – при тиску не більшому, як 3 кгс/см^2 , понад 60 кгс/см^2 – при тиску не більшому, як 5 кгс/см^2 .

Під час розпалювання необхідно контролювати за переміщенням елементів котла при тепловому розширенні, за показниками переміщення (ролерами).

Перед ввімкненням котла в роботу необхідно виконати:

- перевірку справності дії запобіжних клапанів водовказівних приладів манометра і живильних пристроїв;
- перевірку показів знижених показників рівня води за показниками рівня води прямої дії;
- перевірку і ввімкнення автоматики безпеки, сигналізаторів і апаратури автоматичного керування котлом;
- продувку котла.

Забороняється вмикати в роботу котла з несправною арматурою, живильними пристроями, автоматикою безпеки і засобами протиаварійного захисту та сигналізації.

Ввімкнення котла у паропровід повинно здійснюватись повільно, після старанного прогріву і продувки паропроводу. Під час прогрівання необхідно уважно стежити за справністю трубопроводу, компенсаторів, опор і підвісок, а також за рівномірним розширенням паропроводу. При виникненні вібрації або різких ударів необхідно припинити прогрівання до усунення виявлених дефектів.

При ввімкненні котла в працюючий паропровід тиск у котлі повинен дорівнювати або бути дещо меншим (не більш $0,5 \text{ кгс/кгс/см}^2$ від тиску в паропроводі, при цьому горіння у топці слід зменшити. Якщо при цьому в

паропроводі виникатимуть поштовхи або гідравлічні удари, необхідно негайно припинити ввімкнення котла і збільшити продування паропроводу.

В міру збільшення навантаження котла продування пароперегрівача зменшується, а після досягнення приблизно половини нормального навантаження – припиняється.

Час початку розпалювання і ввімкнення котла в роботу записується у змінний журнал.

3.6.4 Робота котла

Під час чергування персонал котельні повинен стежити за справністю котла і всього устаткування котельні та суворо дотримуватись встановленого режиму роботи котла. Виявлені в процесі роботи устаткування несправності необхідно записати у змінний журнал. Персонал повинен негайно вжити заходи по усуненню несправностей, які загрожують безпечній та безаварійній роботі устаткування. Якщо усунути несправність своїми силами неможливо, необхідно повідомити про це керівника.

Особливу увагу під час роботи слід звертати на:

- підтримання нормального рівня роботи у котлі та рівномірне живлення його водою. При цьому не можна допускати, щоб рівень води знижувався нижче граничного рівня або піднімався вище допустимого вищого рівня;
- підтримування нормального тиску пари; підвищення тиску в котлі вище дозволеного не допускається;
- підтримування температури перегрітої пари, а також температури живильної води після економайзера.

Перевірка справності дії манометра за допомогою трьохходових кранів або запірних вентилів, що їх замінюють, повинна здійснюватись не менше одного разу протягом зміни, а результати перевірки записуються у змінний журнал.

Справність всіх живильних насосів або інжекторів треба перевіряти короткотривалим пуском кожного з них у роботу: для котлів з робочим тиском до 24 кгс/см^2 – не менше одного разу протягом зміни; понад 24 кгс/см^2 – у строки, встановлені виробничою інструкцією із записом у змінний журнал.

3.6.5 Зупинка котла

Зупинка котла у всіх випадках, крім аварійної зупинки, дозволяється тільки за наявності письмового розпорядження адміністрації.

Під час зупинки необхідно:

- підтримувати рівень води у котлі вище середнього робочого положення;

- припинити подачу палива в топку;

- від'єднати котел від паропроводів після повного припинення горіння у топці і припинення відбору пари, а при наявності пароперегрівника – відкрити продувку. Якщо після від'єднання котла від паропроводу тиск у котлі підвищується, слід підсилити продування пароперегрівника. Дозволяється також зробити невелику продувку котла і поповнення його водою;

- розхолодити котел і випустити з нього воду у порядку, встановленому адміністрацією.

При зупинці котла, що працює на твердому паливі, слід:

- допалити при зменшених дутті і тязі залишки палива, що знаходилось у топці. Забороняється гасити паливо, яке горить, засипанням його свіжим паливом або zalиванням водою;

- припинити дуття і зменшити тягу;

- очистити топку та бункери;

- припинити тягу, закрити димову заслінку, топкові та піддувальні дверцята (у механічній топці припинити тягу після охолодження решітки).

При зупинці котла, що працює на рідкому паливі, слід:

- закрити подачу палива у форсунку;
- припинити подачу пари у парову форсунку або повітря при повітрявальному розпиленні;
- якщо є кілька форсунок, вмикати послідовно, зменшуючи дуття і тягу;
- провентилювати топку, газоходи, після чого закрити дуття й тягу.

Порядок консервації зупинених котлів повинен відповідати вказівкам інструкції заводу – виробника з монтажу й експлуатації котлів.

3.6.6 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виникненні пожежі:

- вимкніть устаткування, припливно-витяжну вентиляцію.
- сповістіть пожежну охорону та адміністрацію;
- розпочніть гасіння, використовуючи кран внутрішнього протипожежного водопроводу, або за допомогою первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, води, піску).

При загорянні електропроводів, вимкніть рубильник, електропроводи, які знаходяться під напругою, гасіть вуглекислотним вогнегасником та піском. Не можна гасити їх водою або пінним вогнегасником.

Надайте першу (долікарську) допомогу потерпілому при аварії згідно з інструкцією з наданням першої допомоги.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний в аварійних випадках негайно зупинити котел і повідомити про це старшого кочегара або особу, яка його замінює, зокрема у випадках, коли:

- перестало діяти понад 50 % запобіжних клапанів або інших запобіжних приладів, що їх замінюють;
- піднявся тиск вище дозволеного більш як на 10 % і продовжує зростати, незважаючи на припинення подачі палива, зменшення тяги і дуття

та підсилене живлення котла водою;

- відбувся спуск води з котла (нижче нижньої кромки водовказівного скла). Підживлення котла водою в цій ситуації категорично забороняється;
- рівень води швидко знижується, незважаючи на посилене живлення котла водою;
- рівень води піднявся вище від верхнього прута водовказівного скла, і продуванням котла не вдається його знизити;
- припинилася дія всіх водовказівних приладів;
- в основних елементах котла (барабані, колекторі, камері, паровій трубі, вогневій коробці, кожусі топки, трубній решітці, зовнішньому сепараторі, паропроводі і т.д.) виявлено тріщини, опуклості, пропуски у зварних швах, обриви двох і більше зв'язок, які знаходяться поруч;
- припинилася подача електроенергії при штучній тязі, а також пошкоджені елементи котла та його обмурівка, що створило загрозу для безпеки обслуговуючого персоналу або загрозу зруйнування котла;
- виникла пожежа у котельні або загорілася сажа чи частинки палива у газоходах, що створило загрозу обслуговуючому персоналу і котлу.

Причини аварійної зупинки котла треба записати у змінний журнал.

При з'явленні течії у заклепочних швах або в місцях фальцювання труб, свищів на трубах поверхонь нагрів у котла, а також інших пошкоджень та несправності котла, арматури, манометрів, приладів безпеки і допоміжного устаткування, що не потребують негайної зупинки котла, обслуговуючий персонал зобов'язаний терміново повідомити про це адміністрацію.

Під час аварійної зупинки котла необхідно:

- припинити подачу палива і повітря, різко ослабити тягу;
- негайно видалити з топки паливо, що горить, у виключних випадках, якщо це неможливо зробити, паливо, що горить, залити водою, спостерігаючи, щоб струмінь води не попадав на стінки котла та обмурівку;
- після того, як горіння палива у топці припинено, відкрити на деякий

час димову заслінку, а в ручних топках – топкові дверцята;

- виключити котел від головного паропроводу;
- пару випускати через трохи підняті запобіжні клапани або аварійний вентиль, крім випадків, про які вказано вище.

У випадку зупинки котла внаслідок згоряння сажі або винесення палива в економайзері, пароперегрівнику або газоходах, слід негайно припинити подачу палива і повітря в топку, припинити тягу, зупинивши димососи та вентилятори і повністю перекрити повітряні та газові заслінки. Якщо можливо, заповнити газохід парою і після припинення горіння провентилувати топку.

У випадку виникнення у котельні пожежі, персонал повинен негайно викликати пожежну охорону і вжити всіх заходів, спрямованих на гасіння пожежі, не припиняючи нагляду за котлами.

Якщо пожежа загрожує котлам, і швидко загасити її неможливо, необхідно зупинити котли в аварійному порядку, посилено живлячи їх водою і випускаючи пару в повітря.

3.6.7 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Упорядкуйте робоче місце, приберіть у відведені місця деталі, матеріал, сміття та відходи.

Очистіть від бруду, промийте, змажте і приберіть у відведене місце інструмент і пристосування.

Сповістіть наступну зміну і безпосереднього керівника про всі виявлені недоліки в роботі устаткування.

Вимийте руки і обличчя з милом або прийміть душ [44].

3.7 Розрахунок освітлення

Місто Запоріжжя знаходиться в IV поясі. Значення коефіцієнту природної освітленості 0,2 %. Також використовується штучне освітлення лампами денного світла.

Нормативне значення коефіцієнта природного освітлення

$$E_H = E \cdot c \cdot m,$$

де $c = 0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату;

$m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$E = 0,2$ % - табличне значення коефіцієнту природної освітленості.

$$E_H = 0,2 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 0,135.$$

Розрахунковий коефіцієнт природної освітленості

$$E_p = 100 \cdot s_o \cdot \tau_o \cdot r_1 / \eta_o \cdot k_{зд} \cdot k_3 \cdot s_{п} ,$$

де s_o – площа світових прорізів $4,8 \text{ м}^2$,

τ_o – загальний коефіцієнт світло проникнення;

$r_1 = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує вплив світла, що відбивається;

$\eta_o = 8,5$ - світлова характеристика вікна;

$k_{зд} = 1$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон будівлями, що стоять напроти;

$k_3 = 1,7$ - коефіцієнт запасу;

$s_{п} = 432 \text{ м}^2$ - площа підлоги приміщення;

$$E_p = 4,8 \cdot 0,3825 \cdot 0,8 \cdot 100 / 8,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 30,76 = 0,33.$$

Загальний коефіцієнт світло проникнення, який визначається

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5.$$

де τ_1 - коефіцієнт світло пропускання матеріалу, $\tau_1 = 0,5$;

τ_2 - коефіцієнт, який враховує втрати світла в рамках, $\tau_2 = 0,85$;

τ_3 - коефіцієнт, який враховує втрати світла в конструкціях, $\tau_3 = 1$;

τ_4 - коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях,
 $\tau_4 = 1$;

τ_5 - коефіцієнт, який враховує втрати світла в захисної сітці, $\tau_5 = 0,9$;

$$\tau_0 = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,3825.$$

Висновок: розрахунковий коефіцієнт освітленості більше нормативного, то ж забезпечується нормативна освітленість.

3.8 Токсикологічна, пожежо-вибухонебезпечна характеристика матеріалів

Основним паливом для роботи котельні передбачається природний газ.

Природний газ за своїми властивостями є вибухопожежонебезпечним та відноситься до I-го класу безпеки.

При всіх можливих аваріях, пов'язаних з розгерметизацією трубопроводів, в атмосферу викидається одорований природний газ.

Природний газ – безколірна, малотоксична речовина, викликає наркотичне сп'яніння, майже в два рази легший за повітря (у зв'язку з цим при викидах намагається зайняти більш високі шари атмосфери), температура займання газу (650...670) °С, межі вибуховості – (5...15) % об'єму.

У великих концентраціях газ небезпечний при вдиханні. Викликає головокружіння, почуття задухи, головну біль. Метан не ядовитий, але його

значний вміст в повітрі може привести до задухи через нестачу кисню.

3.9 Розрахунок захисного заземлення

В установках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю опір заземлюючого пристрою, до якого приєднують нейтралі трансформаторів та генераторів, має бути не більше 4 Ом згідно ПУЕ.

Опір одного стрижня довжиною 4 м, Ом

$$R_{oy} = 0,298 \cdot \rho \cdot K_m ,$$

де ρ – питомий опір ґрунту, $\rho = 2$ Ом;

$$R_{oy} = 0,298 \cdot 2 \cdot 1,8 \cdot 10^2 = 107,28 .$$

Опір горизонтальних заземлювачів розташованих в ряд, Ом

$$R'_{zn} = (0.366 / l) \cdot \rho \cdot K_m \cdot \log(2l^2 / b \cdot t) ,$$

де R'_{zn} – опір плоских горизонтальних заземлювачів;

l – довжина заземлювача, м;

b – ширина заземлювача, мм;

t – глибина закладання заземлювача (0,5...0,8) м;

$$R'_{zn} = (0.366 / 4) \cdot 200 \cdot \log(2 \cdot 4^2 / 0,05 \cdot 0,7) = 48,51 .$$

Опір розтікання зарядів вертикальних заземлювачів R_v з урахуванням їх екрануючого впливу, Ом

$$R_v = R_{oe} / n \cdot \eta_d ,$$

де $R_{об}$ – опір одного вертикального заземлювача, Ом;

$\eta_{в}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

$$R_{\epsilon} = 107,28/100 \cdot 0,35 = 3,06.$$

Опір розтікання зарядів горизонтальних полос, які пов'язані між собою, Ом

$$R_{zn} = R'_{zn} / \eta_{zn},$$

де R'_{zn} – опір одного горизонтального заземлювача, Ом;

η_{zn} – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

$$R_{zn} = 48,51 / 0,35 = 138,6.$$

Загальний опір заземлюючого контуру, Ом

$$R = \frac{R_{\epsilon} \cdot R_{zn}}{(R_{\epsilon} + R_{zn})} \leq 4;$$

$$R = \frac{3,06 \cdot 48,51}{(3,06 + 48,51)} = 2,88.$$

Висновок: виходячи з розрахунку виконуються вимоги ПУЕ, згідно яких опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом ($2,88 \leq 4$ Ом). Обрати 100 заземлювачів, кутову сталь $60 \times 60 \times 6$ мм довжиною 4 м.

ВИСНОВКИ

Енергоефективність означає раціональне використання енергетичних ресурсів, при дійсному рівні розвитку техніки та технології, та дотримання вимог до навколишнього середовища.

Основними цілями енергозбереження для підприємства є:

- зменшення енергоємності продукції, послуг, що надаються;
- підвищення енергетичної ефективності продукції, що випускається підприємством;
- оснащення технічними приладами та засобами обліку, контролю, вимірювання і регулювання споживання енергетичних ресурсів;
- підвищення енергетичного ККД діючих теплогенеруючих установок і енергетичних установок;
- підвищення теплового захисту житлових і громадських будівель, конструкцій і споруд та інженерних мереж;
- зменшення втрат теплоносіїв в інженерних мережах.

Для підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання ЗТМК запропоновано такі шляхи:

1. підвищення теплового захисту будівлі котельні для зменшення витрат теплоти у навколишнє середовище теплогенеруючими установками, та зменшення витрат теплоти на опалення побутових приміщень котельні. Підвищення теплового захисту будівлі виконується шляхом використання теплової ізоляції. При використанні кам'яної вати фірми ТЕРМОЛАЙФ плити товщиною 100 мм для стіни побутового та виробничого приміщення, та плити товщиною 160 мм для горищного перекриття, значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій стає вище мінімально допустимих значень. Це свідчить про те, що кількість витрат теплоти через огорожувальні конструкції зменшиться;

2. підвищення енергетичного ККД діючих теплогенеруючих

установок пропонується методом установки додаткового обладнання, а саме встановлення вертикального економайзера ECXV AX 200 - SIXEN 350 у закритому контурі з деаератором або ECXV AX 800 - SIXEN 1350 з модульною системою живильної води.

При встановленні економайзера ECXV AX 200 - SIXEN 350, ККД установки становитиме $\eta = 98 \%$.

При встановленні економайзера ECXV AX 800 - SIXEN 1350, ККД установки становитиме $\eta = 99 \%$.

3. зменшення витрат палива котельнею методом впровадження додаткового обладнання. Зменшення витрат палива котельнею пропонується декількома методами. Перший метод - встановлення економайзеру:

- витрати на газ котлом REX – 400 F, $Z_k = 4977838,25$ грн;
- витрати на газ котлом REX – 400 F після встановлення економайзеру ECXV AX 200 - SIXEN 350, $Z_1 = 4774661,18$ грн;
- витрати на газ котлом REX – 400 F після встановлення економайзеру ECXV AX 800 - SIXEN 1350, $Z_2 = 4726432,28$ грн.

Другий метод - встановлення пелетного котла СЕТІК ЕКО МГ – 5:

- витрати на пелети СЕТІК ЕКО МГ – 5, $Z_{п.к.} = 4996698,81$ грн.

Після розглядання цих варіантів можна зробити висновок, що найбільш економним варіантом є встановлення економайзеру AX 800-SIXEN 1350 фірми ECXV.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Реконструкція будівлі хімводоочистки під водогрійну котельню м.Запоріжжя, Заводський район, вул.Теплична, 18 [Текст]: Загальна пояснювальна записка /: П.М. Бодак, В.В. Ковалишин, В.М. Пелех. – М., 2017 – 132 с.
- 2 СНиП II-89-80*. Генеральные планы промышленных предприятий. –М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 36 с.
- 3 Теплоцентрбуд [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://t-c-b.com.ua/2011/12/> (дата звернення 04.03.2019) – Назва з екрана.
- 4 Ільїн С.В. Джерела теплопостачання промислових підприємств: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»/ Ільїн С.В.; запоріз. держ. інж. акад.- Запоріжжя: ЗДІА, 2014. -190 с.
- 5 ДСТУ Б А.2.4-25:2008 Газопостачання. Внутрішні пристрої. Робочі креслення. - Чинний від 01.01.2010.-К.:Держстандарт України, 2010. – 10 с.
- 6 Уральская строительная теплоэнергетическая компания «Техническое руководство».
- 7 ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. - Чинний від 01.03.2013.-К.:Державні будівельні норми України, 2012. – 104 с.
- 8 ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. - Чинний від 01.01.2014.-К.:Державні будівельні норми України, 2013. – 196 с.
- 9 ДСТУ Б В.2.7-144:2007. Будівельні матеріали. Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання із поліпропілену. - Чинний від 01.07.2008.-К.:Держстандарт України, 2008. – 10 с.
- 10 Теплостроймонтаж [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://tsm-company.ru/stati/gazovaja-kotelnaia.html> (дата звернення 01.05.19) – Назва з екрана.

11 ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиці. - Чинний від 01.01.2014.-К.:Державні будівельні норми України, 2013. – 147 с.

12 Вентиляція в котельні [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://montagnik.com/tehnika/6294-ventilazia-v-kotelni.html> (дата звернення 12.05.19) – Назва з екрана.

13 Альтернативные источники энергии котельні [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://ecoenergy.org.ua/oborudovanie-i-tehnika/zachem-nuzhna-promyshlennaya-kotelnaia.html> (дата звернення 13.05.19) – Назва з екрана.

14 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Строительная климатология. - Чинний від 01.11.2011.-К.:Держстандарт України, 2011. – 119 с.

15 Реконструкція будівлі хімоводоочистки під водогрійну котельню м.Запоріжжя, Заводський район, вул.Теплична, 18 [Текст]: Загальна пояснювальна записка /: П.М. Бодак, В.В. Ковалишин, В.М. Пелех. – М., 2017 – 132 с.

16 ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем (СНиП 3.05.01-85, MOD)

17 ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»

18 Реконструкція будівлі хімоводоочистки під водогрійну котельню м.Запоріжжя, Заводський район, вул.Теплична, 18 [Текст]: Загальна пояснювальна записка /: П.М. Бодак, В.В. Ковалишин, В.М. Пелех. – М., 2017 – 132 с.

19 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Строительная климатология. - Чинний від 01.11.2011.-К.:Держстандарт України, 2011. – 119 с.

20 Реконструкція будівлі хімоводоочистки під водогрійну котельню м.Запоріжжя, Заводський район, вул.Теплична, 18 [Текст]: Загальна пояснювальна записка /: П.М. Бодак, В.В. Ковалишин, В.М. Пелех. – М., 2017 – 132 с.

21 Київські електромережі [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: https://dtek-kem.com.ua/ru/shco_take_energoefektivnist (дата звернення 18.05.19) – Назва з екрана.

22 Экономия тепловой энергии [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://www.energsovet.ru/stat625.html> (дата звернення 20.05.19) – Назва з екрана.

23 Повышение энергоэффективности котельной [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-energoeffektivnosti-kotelnoy-putem-utilizatsii-teplovyh-poter/viewer> (дата звернення 05.09.19) – Назва з екрана.

24 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 - Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. - Чинний від 01.01.2014.-К.:Держстандарт України, 2014. – 48 с.

25 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – Будівельна кліматологія. - Чинний від 01.11.2011.-К.:Держстандарт України, 2011. – 119 с.

26 ДБН В.2.6 – 31:2016 – Теплова ізоляція будівель. - Чинний від 08.07.2016.-К.:Державні будівельні норми України, 2017. – 30 с.

27 PROMPLACE техника и оборудование [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://promplace.ru/kotly-otopleniya/ekonomajzer-kotla-1935.htm> (дата звернення 07.09.19) – Назва з екрана.

28 GradusPlus.com [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://gradusplus.com/kotly/obustrojstvo-kotelnoj/ekonomajzer-dlya-kotla-otopleniya/> (дата звернення 09.09.19) – Назва з екрана.

29 ICI-CALDAIE.RU [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://ici-caldaie.ru/komponenty-dlya-nergoberezheniya/vertikalnuu-konomaizer-ici-esxv> (дата звернення 09.09.19) – Назва з екрана.

30 Уральская строительная теплоэнергетическая компания «Техническое руководство».

31 Хзмалян Д. М. Теория горения и топочные устройства: Учебное пособие для теплоэнергетических спец. вузов / Д. М. Хзмалян, Я. А. Каган; под редакцией Д. М. Хзмаляна. – М.: Энергия, 1982. – 487с.

32 Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80с.

33 Уральская строительная теплоэнергетическая компания «Техническое руководство».

34 Хзмалян Д. М. Теория горения и топочные устройства: Учебное пособие для теплоэнергетических спец. вузов / Д. М. Хзмалян, Я. А. Каган; под редакцией Д. М. Хзмаляна. – М.: Энергия, 1982. – 487с.

35 Эктолайн – Твердотопливные котлы СЕТИК [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: https://ectolain.at.ua/index/tverdotoplivnye_kotly_avtomaty_ploskim_teploobmen_nikom_cetik_eko_s/0-15 (дата звернення 11.09.19) – Назва з екрана.

36 ТЕТА ИНСТАЛЛ [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://tetainstall.com.ua/p124489089-kotel-tverdotoplivnyj-cetik.html> (дата звернення 11.09.19) – Назва з екрана.

37 БАЛТ ГАЗ [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://baltgazservice.ru/stati/otoplenie/chto-takoe-deaerator-v-kotelnoj/> (дата звернення 12.09.19) – Назва з екрана.

38 Kotlotech.ru – журнал о котельном оборудовании [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://koteltech.ru/chto-takoe-deaerator-v-kotelnoj/> (дата звернення 12.09.19) – Назва з екрана.

39 СХІД-БУДКОНСТРУКЦІЯ- виробництво металевих конструкцій, будівельні роботи [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <https://sbk.ltd.ua/uk/vognetrivki-roboti/246-teplovaja-izoljatsija-kotlov-teploizoljatsija-parovyh-trub.html> (дата звернення 18.09.19) – Назва з екрана.

40 Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80с.

41 Уральская строительная теплоэнергетическая компания «Техническое руководство».

42 Охорона праці і пожежна безпека [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://oppb.com.ua/articles/osnovni-vymogy-z-bezpeky-praci-pry-ekspluatacijiv-tverdopalyvnyh-kotliv> (дата звернення 11.10.19) – Назва з екрана.

43 Управління держпраці [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: <http://pl.dsp.gov.ua/archives/872> (дата звернення 18.10.19) – Назва з екрана.

44 Інструкція з охорони праці для оператора котельні [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: \www/ URL: http://pokrschool1.ucoz.ua/load/dokumenty/instrukcija_z_okhoroni_praci_operatora_kotelni/2-1-0-751(дата звернення 28.10.19) – Назва з екрана.