

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами
(назва факультету)

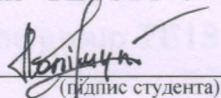
Інтелектуальні системи енергопостачання
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Проект теплопостачання об'єктів депо м. Поліг та прилеглого населеного пункту»

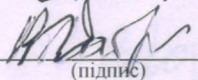
за освітньою програмою Теплоенергетика
зі спеціальності: 144 Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи ТЕ1811 :


(підпис студента)

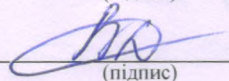
/ Наталя ПОЛІЩУК /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/професор Володимир ГАБРИНЕЦЬ/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

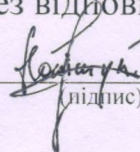
Нормоконтролер:


(підпис)

/ доцент Віктор ДЬЯКОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

культет: Управління енергетичними процесами
едра: Інтелектуальні системи енергопостачання
вищої освіти: Перший (бакалаврський)
ітня програма: Теплоенергетика
ціальність: 144 "Теплоенергетика"
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСЕ

(підпис)

Дмитро БОСІЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата 14.12.2021

ЗАВДАННЯ

кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики
(ступінь вищої освіти)

менту Поліщук Наталії Олегівни
(Прізвище, Ім'я По батькові)

Тема роботи: « Проект тепlopостачання об'єктів депо м. Пологі та прилеглогo населеного пункту»

авник роботи: Габрінець В.О., д.т.н. професор
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

визначені наказом від "14" 12 2021 р. № 89

Срок подання студентом роботи: 06.06.2022 р.

Вихідні дані до роботи:

1. Район будівництва м. Пологи.
2. Навантаження підприємства по технологічній парі 7,2 МВт. Тиск пари 0,6 МПа.
3. Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будівель (вода 170 °C): локомотивного депо 4,5 МВт; механічних майстерень 3 МВт; пункту технічного огляду 1,2 МВт; адміністративного корпусу 0,9 МВт.
4. Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва (65 C) 2,8 МВт.
5. Споживачі теплових навантажень в житлово-комунальному секторі:
- 20 житлових будинків по 28 тис. м³ кожний загальним населенням 10 тис. мешканців;
 - поліклініка на 500 хворих з об'ємом будинку 7 тис. м³;
 - дитсадок на 200 дітей з об'ємом будинку 1,8 тис. м³;
 - школа на 1200 місць з об'ємом будинку 40 тис. м³;
 - гуртожиток на 500 місць з об'ємом будинку 11 тис.

Вміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Аналітична частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх обліку. Побудова графіка теплового навантаження. Вибір схеми тепlopостачання.

Основна частина: Розрахунок теплової схеми котельні. Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) системи тепlopостачання. Графік теплового навантаження. Схема котельні, ос та допоміжного обладнання.

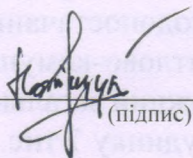
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	18.02.2022	
2	Основна частина	31.03.2022	
3	Підвищення ефективності ККД парової турбіни	12.05.2022	
4	Розробка заходів екологічної безпеки при експлуатації гріючих систем	19.05.2022	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	06.06.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

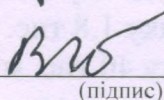
Студент


(підпис)

Наталя ПОЛЩУК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ГАБРИНЕЦЬ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Класифікація котелень	10
1.2 Особливості проектування котелень (переваги та недоліки)	11
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	16
2.1 Вихідні дані до виконання проектування	16
2.2 Розрахунок теплових навантажень	17
2.2.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору (ЖКС)	17
2.2.2 Витрати тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору	18
2.2.3 Витрати тепла на технологічні потреби	19
2.2.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання	19
2.2.5 Зведена таблиця теплових навантажень	21
2.2.6 Річна витрата теплоти	23
2.3 Вибір системи теплопостачання і розрахунок теплової схеми котельні	25
2.3.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні	25
2.3.2 Розрахунок теплової схеми котельні	28
2.4 Опис та характеристики котла типу ДЕ-25-15-270 ГМ-О	40
2.5 Вибір теплопідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів	44
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ККД ПАРОВОЇ ТУРБИНИ	45
3.1 Цикли паросилових установок (цикл Ренкіна)	45
3.2 Способи підвищення термічного ККД	46

02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ

Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Акрушів
Лист 1	Поліщук Н.О.	<i>[Підпис]</i>	17.06.22			
Лист 2	Габрінець В.О.	<i>[Підпис]</i>	17.06.22		6	67
Лист 3	Дьяков В.О.	<i>[Підпис]</i>	20.06.22			
Лист 4	Габрінець В.О.	<i>[Підпис]</i>	20.06.22			

Проект теплопостачання
об'єктів депо м. Пологи та
прилеглого населеного пункту

МОНУ УДУНТ ІСЕ ТЕ1811

4	РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРІЮЧИХ СИСТЕМ	51
4.1	Охорона праці при монтажі обладнання котельні	51
4.1.1	Заходи з безпечної експлуатації устаткування котельні	53
4.1.2	Заходи, щодо безпеки експлуатації електрообладнання котельні	54
4.1.2.1	Технічні рішення по запобіганню електротравм при дотику до нормально струмоведучих частин електрообладнання (при нормальному режимі їх роботи)	55
4.2	4.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничій санітарії	56
4.2.1	Параметри мікроклімату в приміщенні котельної	56
4.2.2	Система вентиляції	57
4.3	Пожежна безпека	58
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	60
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
	ДОДАТОК А	62

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

67 сторінок, 6 таблиць, 12 рисунків, 12 джерел.

Об'єкт розробки: система теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту, а також розробка напрямків підвищення ККД парової турбіни.

Метою дипломного проекту є розробка проекту теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту, а також розробка напрямків підвищення ККД парової турбіни.

Методи дослідження – теоретично (аналіз, класифікація) досліджуються існуючі технології організації теплопостачання промислових об'єктів та об'єктів житлово-комунального сектору та розрахунково визначаються складові системи теплопостачання.

В результаті проведеного аналізу систем опалювання було обрано децентралізовану систему - котельню. **Котельня** - комплекс технологічно зв'язаних теплових енергоустановок, розташованих у відособлених виробничих будинках, вбудованих, прибудованих або надбудованих приміщеннях з котлами, водонагрівачами й допоміжним котельним устаткуванням, призначений для вироблення теплової енергії.

На основі проведених розрахунків, для забезпечення визначених показників обрано 2 котла типу ДЕ-25-15-270 ГМ-О з паропродуктивністю кожного 25 т/год та робочим тиском 1,4(14) МПа.

Визначені шляхи підвищення ККД парової турбіни та напрямки цього підвищення, а також розроблено заходи безпеки при проектуванні, монтажу та експлуатації котельні.

Результати роботи можуть бути використані при організації системи опалювання об'єктів промисловості та житлово-комунального сектору.

Ключові слова: ПАРОВИЙ КОТЕЛ, КОТЕЛЬНЯ, ТЕПЛОПОСТАЧЕННЯ, ККД, ЕНТАЛЬПІЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ПАРА, КОНДЕНСАТ.

ВСТУП

Основне призначення будь-якої системи теплопостачання – це забезпечення споживачів теплотою необхідної кількості та якості. В залежності від розташування джерела теплоти по відношенню до споживачів системи теплопостачання поділяються на централізовані та децентралізовані.

В системах централізованого теплопостачання джерело теплоти знаходиться на значній відстані від споживачів теплоти, таким чином передача теплоти реалізується за допомогою теплових мереж. Джерела теплопостачання – квартальна котельня, районна котельня, ТЕЦ.

Для транспортування теплоти на великі відстані як теплоносії використовують воду з температурою до 150°C (для теплопостачання громадських та житлових будівель) та водяну пару під тиском 7-16 технічних атмосфер (на технологічні потреби).

Централізоване теплопостачання є доречним у районах з великою концентрацією теплових споживачів. У місцях розташування комплексів промислових підприємств та великої кількості житлових та громадських будівель інколи доречно проводити теплопостачання за допомогою ТЕЦ. Там, де теплове навантаження є великим але не достатнім для економічного використання ТЕЦ доречно реалізовувати теплопостачання за допомогою районних котельень. За допомогою централізації можна досягти зменшення шкідливих викидів, зменшення витрати палива на теплопостачання.

В децентралізованих системах теплопостачання джерело теплоти знаходиться на достатньо близькій відстані від споживачів, тому передача теплоти здійснюється без використання теплових мереж. Джерела теплопостачання, які використовуються в таких системах – це теплогенератор, індивідуальна котельня, автономна котельня. Потужність до 20 МВт.

Децентралізоване теплопостачання має свої переваги, основна з яких: майже повна відсутність втрат при передачі теплоти. На мою думку, це ключова перевага, адже стан теплових мереж в Україні на даний момент є критичним.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи теплопостачання поділяються на закриті та відкриті. В закритих системах весь теплоносій, що відправляється споживачу повертається назад на станцію або котельню. У відкритих системах теплоносій не повертається на станцію через розбір його споживачами або він може бути повернутим через низьку якість.

Метою дипломного проекту є розробка проекту теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту, а також розробка напрямків підвищення ККД парової турбіни.

Джерелом теплопостачання району є опалювальна котельня, яка призначена для відпуску тепла у вигляді гарячої води на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району. Споживачами тепла є житлові будинки, громадські будівлі та локомотивне депо.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИНА ЧАСТИНА

Котельня - комплекс технологічно зв'язаних теплових енергоустановок, розташованих у відособлених виробничих будинках, вбудованих, прибудованих або надбудованих приміщеннях з котлами, водонагрівачами й допоміжним котельним устаткуванням, призначений для вироблення теплової енергії.

Котельня установка (котельня) — спорудження, у якому здійснюється нагрівання робочої рідини (теплоносія) (як правило води) для системи опалення або системи постачання пари, розташоване в одному технічному приміщенні. Котельні з'єднуються зі споживачами за допомогою теплотраси та паропроводів. Основним обладнанням котельні є паровий, жаротрубний або водогрійний котли. Котельні використовуються при централізованому тепло- і паро-забезпеченні або при місцевому постачанні, якщо ця котельня локального значення (у межах частки будинку, кварталу).

1.1 Класифікація котелень

За типом розташування [1].

- Окремо розташована котельня (опалювальна, опалювально-виробнича, виробнича) – котельня, що коштує на певному видаленні від промислових, житлових або суспільних будинків.
- Дахова котельня - котельня, розташована безпосередньо на покрівлі будинку або на спеціальній конструкції, розрахованої на навантаження від будівельних конструкцій котельні й устаткування.
- Вбудовані в будинки іншого призначення - для суспільних, адміністративних і побутових будинків допускається проектування вбудованих котелень.
- Прибудовані до будинків іншого призначення. Прибудована котельня являє собою окреме приміщення (або групу приміщень), що примикає безпосередньо до однієї із зовнішніх стін будинку. Прибудована котельня призначена для розміщення теплових агрегатів і допоміжного устаткування, продуктивність

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яких розраховується на споживання тепла того будинку, до якого вона прилаштовується, а також зблокованих з ними будинків і споруджень.

- Блочно – модульні установки для опалення – це комплекти повної заводської готовності, які призначені для гарячого водопостачання та опалення об'єктів соціального, житлового й виробничого призначення. Блочно-модульні установки звичайно працюють на рідкому паливі, зрідженому газі або природному газі. В окремому блоці розміщуються все технологічне котлове встаткування. Корпус самої котельної установки утеплений, з цільного металу і пожежобезпечний. Блочно-модульні котельні можуть перебувати окремо від будинків або встановлюються на рамах усередині приміщення.

За типом палива:

- газові, мазутні, змішані.

За типом встановлюваних котлів:

- парові;
- водогрійні;
- змішані.

За призначенням теплового навантаження:

- опалювальні (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання);
- виробничі (пара або гаряча вода для технологічних споживачів);
- змішані (забезпечення опалювальної та виробничої функції).

Водогрійні котельні установки призначені для одержання гарячої води, що використовується для опалення, гарячого водопостачання й інших цілей.

Котли можуть працювати на рідкому і газоподібному паливі, тому вони обладнані пальниками й форсунками . Повітря, необхідне для горіння, подається в топку дуттьовими вентиляторами , що приводяться в дію електродвигунами.

Вода в котел подається насосами, що приводяться в дію електродвигунами. Пройшовши через поверхню нагрівання, вода нагрівається й надходить до споживачів, де віддається частина теплоти, і зі зниженою температурою знову вертається в котел. Димові гази з котла видаляються в атмосферу через димову трубу.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Котельні установки обладнають водопідготовчими пристроями, контрольно-вимірювальними приладами й відповідними засобами автоматизації, що забезпечує їхню безперебійну й надійну експлуатацію

Водогрійна котельня має один теплоносій – воду на відміну від парової котельні, у якої два теплоносії – вода й пара. У зв'язку із цим у паровій котельні необхідно мати окремі трубопроводи для пари й води, а також бак для збору конденсату.

Водогрійні й парові котельні різняться залежно від виду використовуваного палива, конструкції котлів, топок і т.п.

До складу як парової, так і водогрійної котельної установки зазвичай входять кілька котлоагрегатів, але не менш двох і не більш чотирьох-п'яти. Усі вони зв'язуються між собою загальними комунікаціями – трубопроводами, газопроводами й ін.

1.2 Особливості проектування котелень (переваги та недоліки)

На сьогоднішній день є багато видів котелень які мають свої переваги та недоліки. Класифікувати все сучасне опалювальне обладнання слід за типом вживаного палива та різновидами установлених котлоагрегатів. Розглянемо основні види котелень та їх особливості [2].

Газові котельні

Найбільш популярні моделі опалювальних систем в Україні як для житлових комплексів так і для промислових об'єктів. Головна перевага устаткування – високий рівень екологічності. Частка вуглекислого газу, що потрапляє в атмосферу під час функціонування газових котелень мінімальна. Обладнання можливо автоматизувати та модернізувати процеси роботи котла за рахунок додаткових приладів (наприклад, систем для дистанційного управління нагріву теплоносія).

Однак, слід зазначити, що газові котельні відрізняються високою вибухонебезпекою палива. Обладнання потребує якісного та регулярного технічного обслуговування. Енергоносій, а саме газопровід, треба перевіряти

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожний місяць. Відповідальне ставлення до правил безпеки дозволить уникнути збитків через підвищену витрату палива та надзвичайних ситуацій.

Твердопаливні котельні

Зараз системи опалення на твердому паливі (деревина, торф, вугілля) користуються популярністю серед представників промислового сектору. Твердопаливні котельні здатні обігрівати великі житлові та нежитлові площі, а також забезпечувати приміщення гарячою водою. Окрім високого рівня потужності, що демонструють системи опалення на твердому паливі, існує ряд інших переваг для споживачів:

- автономність – сумісність з будь-якими системами контролю, автоматикою, диспетчеризацією;
- бюджетність – вартість устаткування відрізняється доступністю;
- мінімальний пакет документів для отримання дозволу монтажу.

Головний недолік твердопаливних котелень – не екологічність. Частка вуглецю перевищує норми граничної допустимої концентрації, що шкодить навколишньому середовищу. Монтаж твердопаливних котелень повинен бути виконаний спеціалізованими організаціями, які здатні встановити котли та інші складові системи, серед яких якісна вентиляція та димар.

Обслуговувати системи опалення на твердому паливі обов'язково слід щорічно перед початком сезоном опалювання. Додаткова технічна діагностика рекомендується при наявності несправності устаткування або різких змін температурних показників в приміщеннях будівлі, що опалюється твердим паливом.

Парові котельні

Парові системи опалення називають універсальним устаткуванням, тому що котельні можливо встановити як на промисловому об'єкті так і в житловому приміщенні. Монтаж парового теплоносія доступний для адміністративних будівель та складських споруд. Системи опалення відрізняються високим рівнем

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужності – пара підігріває кімнатну температуру до питомих показників дуже швидко та утримує задані параметри досить довго.

Проте як і газові котельні, парові системи опалення дуже вогнебезпечні. Нехтування правилами безпеки та регулярним обслуговування теплоносіїв може обернути трагічними наслідками на виробництві, офісі, або житловому приміщенні, де встановлене парове опалення. Рекомендується перевіряти систему щомісячно, щоб уникнути зайвих витрат через зниження продуктивності обладнання або навіть вибуху.

Системи повітряного опалення

Слід зазначити, що системи повітряного опалення відрізняються високим рівнем функціональності. Котельні, що працюють за принципом підігріву повітря, можливо об'єднати з вентиляційними системами будівлі, повітропроводами та іншим необхідним устаткуванням. Серед переваг систем повітряного опалення:

- екологічність;
- широкий спектр областей застосування;
- надійність та високий показник ККД.

Важливо пам'ятати, що системи повітряного опалення – це складна конструкція, яка забезпечує окрім комфортної температури повітря питомий мікроклімат в приміщенні. Технічне обслуговування повинно теплоносія повинно бути регулярним. Спеціалізовані сервісні організації виключають пошкодження та інші проблеми з обладнанням своєчасно.

Системи електричного опалення

Універсальний енергоносіє для житлових та нежитлових приміщень – це устаткування електричного опалення. Для забезпечення населення комфортними температурними умовами та гарячою водою існує безліч котлів, які відрізняються розміром, будовою та іншими параметрами.

До переваг систем електричного опалення слід віднести високий ККД, надійність та сучасність, бо обладнання може бути модернізованим за рахунок

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

автоматики з запобіжниками проти погодних умов та іншими пристроями безпеки. Електроенергія, що є головним джерелом тепла, вимагає пильної уваги спеціалістів починаючи з монтажних робіт та закінчуючи щорічним технічним обслуговуванням.

Опалення житлових та нежитлових приміщень є беззаперечною необхідністю. Це запорука комфортної температури для людей, що там живуть, працюють, навчаються, тощо. Повноцінна експлуатація будь-якої будівлі вимагає наявності сучасної системи опалення та проектування котелень, що забезпечують комфортні умови для мешканців або працівників.

Проектом передбачено створення опалювальної котельні «Локомотивного депо Пологи», розташованої на території ТЧ-4 Пологи по вул. Щаслива 1 у м. Пологи. Котельня призначена для теплопостачання систем опалення й гарячого водопостачання (ГВП).

1. Системи опалення та вентиляції промислових будівель:

- локомотивне депо;
- механічні майстерні;
- пункт технічного огляду;
- адміністративний корпус.

2. Споживачами теплових навантажень в житлово-комунальному секторі є:

• 20 житлових будинків по 28 тис. м³ кожний загальним населенням 10 тис. мешканців;

- поліклініка на 500 хворих з об'ємом будинку 7 тис. м³;
- дитсадок на 200 дітей з об'ємом будинку 1,8 тис. м³;
- школа на 1200 місць з об'ємом будинку 40 тис. м³;
- гуртожиток на 500 місць з об'ємом будинку 11 тис. м³.

За надійністю відпуску теплоносія споживачам котельня, що проектується відноситься до II категорії.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вихідні дані до виконання проектування

Розробити проект централізованого теплопостачання об'єктів локомотивного депо, яке розташовано у м. Пологи, та прилеглого до нього населеного пункту. Теплові навантаження прийняти згідно таблиці 2.1. Повернення конденсату з виробництва прийняти 60 %; температуру конденсату, що повертається – 70 °С.

Споживачами теплових навантажень в житлово-комунальному секторі є:

- 20 житлових будинків по 28 тис. м³ кожний загальним населенням 10 тис. мешканців;
- поліклініка на 500 хворих з об'ємом будинку 7 тис. м³;
- дитсадок на 200 дітей з об'ємом будинку 1,8 тис. м³;
- школа на 1200 місць з об'ємом будинку 40 тис. м³;
- гуртожиток на 500 місць з об'ємом будинку 11 тис. м³.

Таблиця 2.1 – Теплові навантаження

Група споживачів	Теплоносій	Максимальні теплові навантаження, МВт
1. Технологічні споживачі пари, т/год	Пара 0,6 МПа	7,2
2. Системи опалення та вентиляції промислових будівель: – локомотивного депо – механічних майстерень – пункту технічного огляду – адміністративного корпусу	Вода 150/70 °С	4,5 3 1,2 0,9
3. Системи гарячого водопостачання виробництва	Вода 65 °С	2,8

2.2 Розрахунок теплових навантажень

2.2.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору (ЖКС)

Для зручності розрахунків розрахункова витрата тепла на опалення об'єкту визначається за спрощеною формулою:

$$Q_{\text{оп}} = q_{\text{оп}} V_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{з.с.}}), \quad (2.1)$$

де $q_{\text{оп}}$ – питома опалювальна характеристика об'єкту, Вт/(м³К);

V_0 – об'єм об'єкту, м³;

$t_{\text{в}}$ – температура повітря всередині об'єкту (значення $t_{\text{в}}$ для ряду виробничих та побутових приміщень можна прийняти з таблиці А1 ДОДАТКУ А), °С;

$t_{\text{з.с.}}$ – розрахункова температура зовнішнього середовища згідно СНІП 2.01.01 -22°С.

Питома опалювальна характеристика будівель q_0 залежить від конструкції будівлі, її зовнішнього об'єму, кількості поверхів, конфігурації, степені скління, призначення і можуть досить значно змінюватись. Значення q_0 для деяких промислових будівель наведені таблиці А3 ДОДАТКУ А. При відомому об'ємі будівлі $q_{\text{оп}}$ можна знайти за наближеною формулою [3]:

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}}, \quad (2.2)$$

де V – об'єм одного об'єкту за зовнішнім обміром, м³.

Визначимо загальні витрати тепла на опалення житлово-комунального масиву:

- 20 житлових будинків по 28 тис. м³ кожний загальним населенням 10 тис. мешканців:

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{28000}} = 0,336,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,336 \cdot 28000 \cdot 20 \cdot (18 - (-22)) = 7\,520\,154 \text{ Вт} = 7,52 \text{ МВт};$$

- поліклініка на 500 хворих з об'ємом будинку 7 тис. м³:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{7000}} = 0,423 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,423 \cdot 7000 \cdot (20 - (-22)) = 124\,357 \text{ Вт} = 0,124 \text{ МВт};$$

- дитсадок на 200 дітей з об'ємом будинку 1,8 тис. м³:

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{1800}} = 0,530 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,530 \cdot 1800 \cdot (20 - (-22)) = 40\,100 \text{ Вт} = 0,04 \text{ МВт};$$

- школа на 1200 місць з об'ємом будинку 40 тис. м³:

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{40000}} = 0,316 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,316 \cdot 40000 \cdot (18 - (-22)) = 506\,152 \text{ Вт} = 0,506 \text{ МВт} ;$$

- гуртожиток на 500 місць з об'ємом будинку 11 тис. м³.

$$q_{\text{оп}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{11000}} = 0,392 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,392 \cdot 11000 \cdot (18 - (-22)) = 172\,607 \text{ Вт} = 0,173 \text{ МВт}.$$

Загальні витрати тепла на опалення житлово-комунального масиву:

$$Q_{\text{оп}}^{\text{ЖКМ}} = 7,52 + 0,124 + 0,04 + 0,506 + 0,173 = 8,36 \text{ МВт}.$$

2.2.2 Витрата тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору

Розрахункова витрата тепла на вентиляцію визначається за формулою [3]:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = m V_{\text{вн}} \rho_{\text{п}} C_{\text{п}} (t_{\text{в}} - t_{\text{нп}}), \quad (2.3)$$

де m - кратність повітрообміну, с⁻¹;

$V_{\text{вн}}$ - внутрішній об'єм приміщення, м³;

$\rho_{\text{п}}$ - густина повітря, кг/м³;

$C_{\text{п}}$ - середня об'ємна теплоємність повітря, Дж/(м³·К);

$t_{\text{нп}}$ - температура зовнішнього повітря для вентиляції, °С;

$t_{\text{в}}$ - температура вентиляційного повітря, що дається до приміщення, °С.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова температура для вентиляції $t_{\text{вн}}$ приймається з таблиці А1 ДОДАТКУ А. Підігрів повітря до $t_{\text{вн}}$ при температурах зовнішнього повітря нижче $t_{\text{вн}}$ забезпечується за рахунок кратності повітрообміну m .

Для зручності розрахунків формулу (2.3) перетворюють, після чого розрахункова витрата тепла на вентиляцію будівлі (Вт) визначається за питомими характеристиками:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = q_{\text{в}} V_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{з.в.}}), \quad (2.4)$$

де $q_{\text{в}}$ - питома вентиляційна характеристика, Вт/м³*К (таблиці 3 додатку А);

V_0 – об'єм об'єкту за зовнішнім обміром;

$t_{\text{з.в.}}$ - розрахункова температура зовнішнього середовища для вентиляції (таблиці А2 ДОДАТКУ А), -8°C.

Отже, визначимо витрати тепла на вентиляцію житлово-комунального сектору:

- поліклініка на 500 хворих з об'ємом будинку 7 тис. м³:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,29 * 7000 * (20 - (-8)) = 56840 \text{ Вт};$$

- дитсадок на 200 дітей з об'ємом будинку 1,8 тис. м³:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,12 * 1800 * (20 - (-8)) = 6048 \text{ Вт};$$

- школа на 1200 місць з об'ємом будинку 40 тис. м³:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,1 * 40000 * (18 - (-8)) = 104\,000 \text{ Вт}.$$

Загальні витрати тепла на вентиляцію:

$$Q_{\text{в}}^{\Sigma} = 56840 + 6048 + 104\,000 = 166\,888 \text{ Вт} = 0,17 \text{ МВт}.$$

2.2.3 Витрати тепла на технологічні потреби

Навантаження підприємств по технологічній парі складають 7,2 МВт.

2.2.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання визначаються на основі норм споживання гарячої води ($t = 65^\circ\text{C}$). для житлових будівель, підприємств житлово-комунального призначення, промислових будівель витрата є

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нерівномірною протягом доби і тижня. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{qmc\rho(65-t_{\text{хв}})}{T}, \quad (8.5)$$

де q - добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання (визначається СНіП або іншим нормативним документом, таблиці 6 додатку А), м³;

m –кількість одиниць споживання;

c - теплоємність води, що підігрівається Дж/(кг*К);

t - температура холодної води (взимку прийняти 5⁰С, влітку 15⁰С);

T - число годин роботи гарячого водопостачання протягом доби (для житлових будівель $T=24$ години, с.

Для житлових будинків з централізованим гарячим водопостачанням, обладнаними ваннами і душами 105 л на добу на одного мешканця:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{105 \cdot 10000 \cdot 4,19 \cdot 1000(65-5)}{24 \cdot 3600} = 3\,055\,208 \text{ Вт.}$$

Для проектування гуртожитків приймаємо гуртожитки з загальними кухнями і блоками, душовими на поверхах при жилих кімнатах в кожній секції будівлі. Норма гарячої води на одного мешканця складає 80 л на добу:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{80 \cdot 500 \cdot 4,19 \cdot 1000(65-5)}{24 \cdot 3600} = 116\,388 \text{ Вт.}$$

Поліклініки мають норму гарячої води 5.2 л на добу на одного хворого:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{5,2 \cdot 500 \cdot 4,19 \cdot 1000(65-5)}{24 \cdot 3600} = 7\,565 \text{ Вт.}$$

Приймаємо для проектування дитячий садок з їдальнею, що працює на сировині та з пральнею з автоматичними пральними машинками; норма витрати гарячої води 25 л на добу на 1 дитину:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{25 \cdot 200 \cdot 4,19 \cdot 1000(65-5)}{24 \cdot 3600} = 14\,549 \text{ Вт.}$$

Для загальної школи з душовими при гімнастичних залах та їдальнями норма витрати гарячої води складає 3л на одного учня:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{3 * 1200 * 4,19 * 1000(65 - 5)}{24 * 3600} = 10\,475 \text{ Вт.}$$

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання ЖГК:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\Sigma} = 3\,055\,208 + 116\,388 + 7\,565 + 14\,549 + 10\,475 = 3\,204\,186 \text{ Вт} = 3,2 \text{ МВт.}$$

2.2.5 Зведена таблиця теплових навантажень

Для аналізу змін теплових навантажень протягом року складаємо зведену таблицю для чотирьох характерних режимів (три зимових, один - літній): I – максимально зимовий (за температуру зовнішнього повітря приймається середня температура найбільш холодної п'ятиденки); II – середній для найбільш холодного місяця; III – середньо опалювальний (за середньою температурою опалювального періоду); IV – літній (витрати тепла на опалення та вентиляцію відсутні).

Для складання зведеної таблиці виконаємо відповідні розрахунки.

Технологічні потреби пари підприємства:

$$Q = \Delta i \frac{D_m}{3.6},$$

$$D_m = \frac{3.6Q}{\Delta i},$$

де Δi – різниця ентальпії пари: $\Delta i = i_{\text{п}} - i_{\text{в}}$;

$i_{\text{п}} = 2.7623 \text{ кДж/кг}$ для тиску пари $P = 0.6 \text{ МПа}$;

$i_{\text{в}} = 0.021 \text{ кДж/кг}$ для тиску $P = 0.6 \text{ МПа}$;

$$D_m = \frac{3,6 * 7,2}{2,7623 - 0,021} = 9,46 \text{ т/год.}$$

Робимо перерахунок теплового навантаження для режимів II і III:

$$Q_{\text{II}} = Q_{\text{I}} \frac{t_{\text{в}} - t_3^{\text{міс}}}{t_{\text{в}} - t_{3,\text{р.}}},$$

$$Q_{\text{III}} = Q_{\text{II}} \frac{t_{\text{в}} - t_3^{\text{оп.}}}{t_{\text{в}} - t_{3,\text{р.}}},$$

де $t_3^{\text{міс}}$ – середня температура найхолоднішого місяця;

$t_3^{\text{оп.}}$ – середня температура опалювального періоду;

Q_{I} – максимальне зимове навантаження – 9,6 МВт.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- опалення та вентиляція промислових будівель:

$$Q_{II} = 9,6 \frac{18 - (-4,9)}{18 - (-22)} = 5,5 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 5,5 \frac{18 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 2,53 \text{ МВт};$$

- опалення будівель ЖКС:

$$Q_{II} = 8,36 \frac{18 - (-4,9)}{18 - (-22)} = 4,8 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 4,8 \frac{18 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 2,2 \text{ МВт};$$

- вентиляція ЖКС:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_B - t_3^{\text{mic}}}{t_B - t_{3,B.}} \quad Q_{III} = Q_{II} \frac{t_B - t_3^{\text{оп}}}{t_B - t_{3,B.}},$$

$$Q_{II} = 0,167 \frac{18 - (-4,9)}{18 - (-22)} = 0,096 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 0,096 \frac{18 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 0,044 \text{ МВт}.$$

Для IV режиму:

$$Q_{IV} = Q_I \frac{t_T - t_x^{\text{літ}}}{t_T - t_x^{\text{зим}}},$$

де t_T – температура теплоносія (гаряча вода $t_T=65$ °C)

$t_x^{\text{літ}}, t_x^{\text{зим}}$ – температура холодної води влітку і взимку відповідно .

- гаряче водопостачання підприємства:

$$Q_{IV} = 2,8 \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,3 \text{ МВт};$$

- гаряче водопостачання ЖКС:

$$Q_{IV} = 3,2 \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,7 \text{ МВт}.$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані розрахункові дані занесемо до зведеної таблиці 2.2 теплових навантажень для котельні, що проектується.

Таблиця 2.2 - Зведена таблиця теплових навантажень

№ з\п	Група споживачів	Теплоносій та його властивості	Одиниці виміру	Витрати теплоти по режимах				Повернення конденсату, %
				I	II	III	IV	
1	Технологічні потреби підприємства	Пара 0,6 МПа	т/год	9,46	9,46	9,46	9,46	60
			МВт	7,2	7,2	7,2	7,2	60
2	Опалення та вентиляція промислових будівель	Вода 150/70 ⁰ С	МВт	9,6	5,5	2,53	-	
3	Опалення будівель ЖКС	Вода 150/70 ⁰ С	МВт	8,36	4,8	2,2	-	
4	Гаряче водопостачання підприємства	Вода 65 ⁰ С	МВт	2,8	2,8	2,8	2,3	
5	Гаряче водопостачання ЖКС	Вода 65 ⁰ С	МВт	3,2	3,2	3,2	2,7	
6	Вентиляція будівель	Вода 150/70 ⁰ С	МВт	0,17	0,096	0,044	-	
7	Сумарне навантаження по теплоносію вода	Вода 150/70 ⁰ С і 65 ⁰ С	МВт	24,13	16,396	10,774	5	
8	Сумарне навантаження по всім теплоносіям		МВт	31,33	23,596	17,974	12,2	

2.2.6 Річна витрата теплоти

Річна витрата теплоти визначається графіком тривалості теплового навантаження $Q_{оп.}=f(n)$, на якому відображається залежність витрати тепла на опалення від кількості годин за опалювальний період (рисунок 2.1).

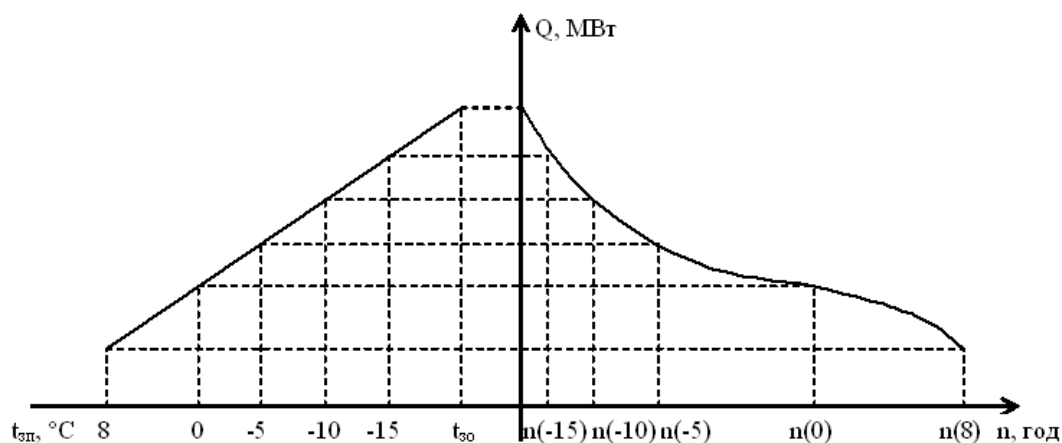


Рисунок 2.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Кліматичні характеристики міста Пологи наведені у таблиці 2.3:

Таблиця 2.3 - Кліматичні характеристики міста Пологи

Температура зовнішнього повітря, $t_z, ^\circ\text{C}$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Кількість годин опалювального періоду n , год	—	9	37	127	235	457	1 152	1 514	669

Визначимо витрати тепла при температурах -22°C та $+8^\circ\text{C}$:

$$Q_{\text{оп.}} = Q_{\text{оп.}}^p \cdot \frac{t_B^p - t_z}{t_B^p - t_{z.p.}} \text{ Вт},$$

де $Q_{\text{оп.}}^p$ - загальна витрата на опалення промислових приміщень та ЖКС,

$$Q_{\text{оп.}}^p = Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ЖКС}},$$

t_B^p - приймається усереднене значення $+18^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{оп.}}^{+8} = 836,891 \cdot 10^4 \cdot \frac{18-8}{18-(-22)} = 2\,092\,228 \text{ Вт} = 2,09 \text{ МВт},$$

$$Q_{\text{оп.}}^{-22} = 836,891 \cdot 10^4 \cdot \frac{18-(-22)}{18-(-22)} = 8\,368\,910 \text{ Вт} = 8,37 \text{ МВт}.$$

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

де S_1 - площа обмежена кривою опалювального навантаження $S_1 = 9775 \text{ м}^2$,
 m – масштаб площі графіка, $\text{МВт} \times \text{год} / \text{мм}^2$,
 $m = m_1 m_2$,

m_1 – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження)

$$m_1 = 0,1$$

m_2 – масштаб осі абсцис (осі тривалості опалювального періоду)

$$m_2 = 35$$

$$m = 0,1 * 35 = 3,5$$

Отже,

$$Q_{\text{річ.}} = 3,5 * 9775 = 34212,5 \text{ МВт} * \text{год}$$

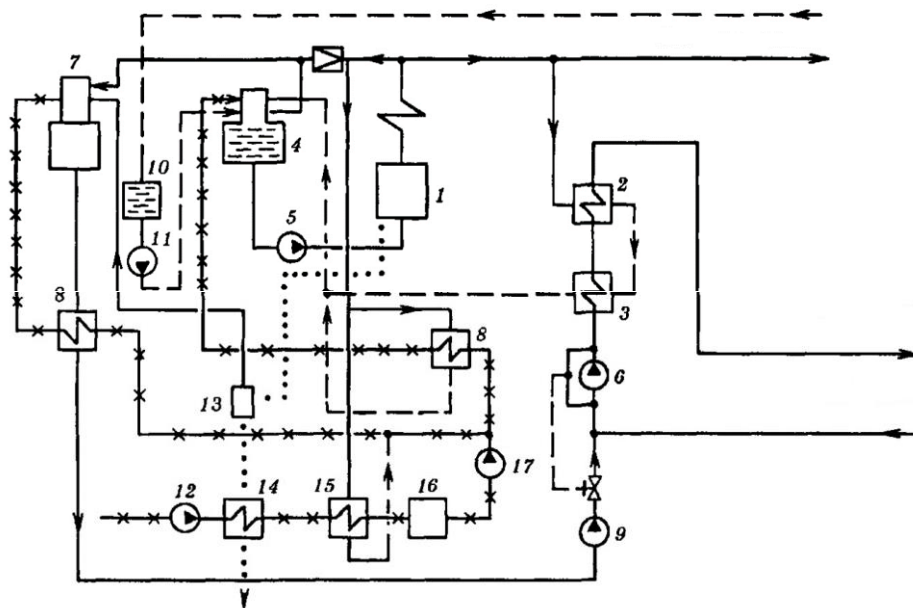
2.3 Вибір системи тепlopостачання і розрахунок теплової схеми котельної

2.3.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні

Оскільки для покриття технологічного навантаження в якості теплоносія використовується водяна пара, а для решти теплових навантажень – вода, доцільно обрати котельну з паровими котлами або комбіновану котельну з паровими і водогрійними котлами.

На рисунку 2.2 показана тепла схема котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Насос сирої води подає воду в охолоджувач продувальної води, де вона нагрівається за рахунок теплоти продувальної води. Після цього вода підігрівається до $20..30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в пароводяному підігрівачі сирої води та направляється на хімводопідготовку. Хімічно очищена вода після підігріву парою направляється в головку деаератора живильної води котла, або через охолоджувач деаерованої води – в деаератор підживлювальної води тепломережі.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – паровий котел низького тиску; 2 – пароводяний підігрівач сітьової води; 3 – охолоджувач конденсату; 4 – деаератор живильної води котла; 5 – живильний насос; 6 – циркуляційний насос; 7 – деаератор підживлювальної води; 8 – підігрівачі хімічно очищеної води, 9 – підживлювальний насос; 10 – збірний бак конденсату, 11 – конденсатний насос; 12 – насос сирोї води; 13 – сепаратор продувальної води; 14 – охолоджувач продувальної води, 15 – пароводяний підігрівач сирої води; 16 – хімводопідготовка; 17 – насос хімічно очищеної води.

Рисунок 2.2 - Принципова теплова схема котельні з паровими котлами

Підігрів сітьової води відбувається послідовно в двох сітьових підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів направляється в головку деаератора живильної води, в яку також поступає конденсат від зовнішніх споживачів пари. Підігрів води в деаераторах здійснюється паром з котлів і з сепаратора.

Неперервна продувка від котлів використовується в сепараторі, в якому котлова вода частково випаровується. В котельнях з паровими котлами незалежно від теплової схеми використання теплоти неперервної продувки котлів є обов'язковим. Використана продувальна вода скидається в продувальний колодязь.

Деаерована вода з деаератора живильної води котлів з температурою близько 104 °С живильним насосом подається до парових котлів. Підживлювальна вода

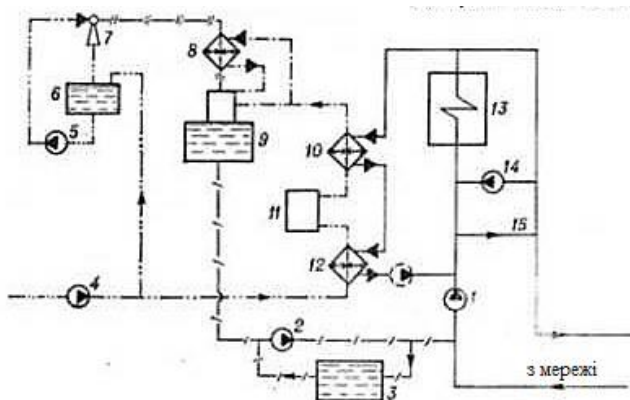
для системи теплопостачання з деаератора підживлювальної води віддає свою теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.

Використання двох деаераторів (один – для приготування живильної води котлів, інший – підживлювальної води системи теплопостачання) є обов’язковим для відкритих систем теплопостачання, оскільки витрати підживлювальної води в ній можуть бути досить значними. Для закритих систем теплопостачання можливим є використання спільного деаератора для обох цілей.

Теплові мережі, що працюють на воді, можна розділити на дві групи:

- відкриті, в яких рідина відбирається в місцевих установках;
- закриті, в яких вода, віддавши теплоту, повертається в котел.

Зразком принципової схеми (рисунок 2.3) може служити приклад водогрійної котельні відкритого типу. На зворотній лінії встановлений циркуляційний насос, який забезпечує доставку води в котел і далі по системі. Розрахунковий температурний режим даної схеми – 155-70°С. Два типи перемичок (рециркуляційна і перепускна) з’єднують дві основні лінії – лінію, що подається і зворотну.



1 – насос мережевий; 2 – насос підживлювальний; 3 – бак підживлювальної води; 4 – насос вихідної води; 5 – насос подачі; 6 – видатковий бак; 7 – ежектор; 8 – охолоджувач; 9 – деаератор вакуумний; 10 – підігрівач очищеної води; 11 – очисний фільтр; 12 – підігрівач вихідної води; 13 – котел водогрійний; 14 – насос рециркулярний; 15 – перепуск

Рисунок 2.3 - Принципова схема котельні

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.3.2 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок теплової схеми виконується для чотирьох режимів роботи: максимально-зимового, найбільш холодного місяця, середньо-опалювального, літнього. Вихідними даними для нього є: кліматологічна характеристика району, витрати пари на технологічні потреби, витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, відсоток повернення конденсату, теплофізичні властивості води та водяної пари. Перед початком розрахунку всі необхідні вихідні дані доцільно привести в таблиці 2.4 [4].

Таблиця 2.4 - Таблиця значень фізичних характеристик котельні

Фізична величина	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення при характерних режимах роботи котельні			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
Теплоємність води	C	КДж/(кг °C)	4,19	4,19	4,19	4,19
Температура води перед сітовими підігрівачами та за ними	t_1	°C	150	100	86	-
	t_2	°C	70	44	34,3	
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію	K	-	1	0,6	0,48	-
Ентальпія редукованої пари перед сітовими підігрівачами сітрової води	i''_{POY}	кДж/кг	2756	2756	2756	2756

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
Ентальпія конденсату за підігрівачами (при 80°C)	i_k	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія котлової води при $P_{\text{парі}}=0,6\text{МПа}$	$i_{\text{к.в.}}$	кДж/кг	667	667	667	667
Ентальпія пари в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17\text{ МПа}$	$i''_{\text{сеп}}$	кДж/кг	2698	2698	2698	2698
Ентальпія води в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17\text{ МПа}$	$i'_{\text{сеп}}$	кДж/кг	479	479	479	479
Ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки	$i_{\text{пр}}^{\text{в}}$	кДж/кг	210	210	210	210
Температура сирії води	$t_{\text{с.в.}}$	°C	5	5	5	15
Ентальпія сирії води після підігрівача (20°C)	$i_{\text{х.о.в.}}^{\text{с}}$	кДж/кг	83,9	83,9	83,9	83,9
Ентальпія води перед підігрівачем (при 18°C)	$i_{\text{х.о.в.}}^{\text{в}}$	кДж/кг	75,53	75,53	75,53	75,53
Ентальпія конденсату редукованої пари (при 80 °C)	i_k^{POY}	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія живильної води	$i_{\text{ж.в.}}$	кДж/кг	437	437	437	437

Розрахунок теплової схеми котельної з паровими котлами проводимо у наступній послідовності:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Визначимо витрату води на підігрівачі сітьової води, т/год :

$$G = \frac{3600Q}{C(t_1 - t_2)},$$

де Q – сумарне теплове навантаження по теплоносію "вода";

c – теплоємність води, кДж/(кг·°C);

t₁, t₂ – температура води перед сітьовими підігрівачами та за ними відповідно, °C.

$$G_I = \frac{3600 * 24,137}{4,19 * (150 - 70)} = 259 \text{ т/год} ,$$

$$G_{II} = \frac{3600 * 16,396}{4,19 * (100 - 44)} = 252 \text{ т/год} ,$$

$$G_{III} = \frac{3600 * 10,744}{4,19 * (86 - 34,3)} = 179 \text{ т/год} ,$$

$$G_{IV} = \frac{3600 * 5}{4,19 * (86 - 34,3)} = 83 \text{ т/год} .$$

2) Визначимо витрату пари на підігрівачі сітьової води, т/год :

$$D_{\text{п.с.в.}} = \frac{cG(t_1 - t_2)}{(i''_{\text{роу}} - i_k)\eta},$$

де $i''_{\text{роу}}$, i_k – ентальпія редукованої пари перед підігрівачами сітьової води та конденсату (температура конденсату приймається 80°C) за ними, кДж/кг;

η – ККД сітьового підігрівача (для більшості підігрівачів може бути прийнятий рівним 0,98).

$$D_{\text{п.с.в. I}} = \frac{4,19 * 259 * (150 - 70)}{(2756 - 335) * 0,98} = 36,6 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{п.с.в. II}} = \frac{4,19 * 252 * (100 - 44)}{(2756 - 335) * 0,98} = 24,92 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{п.с.в. III}} = \frac{4,19 * 179 * (86 - 34,3)}{(2756 - 335) * 0,98} = 16,34 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{п.с.в. IV}} = \frac{4,19 * 83 * (86 - 34,3)}{(2756 - 335) * 0,98} = 7,58 \text{ т/год} .$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Визначимо витрату пари зовнішніми споживачами, т/год :

$$D_{\text{зов.}} = D_m + D_{\text{п.с.в.}},$$

де D_m – витрата пари технологічними споживачами, т/год.

$$D_{\text{зов.I}} = 9,46 + 36,6 = 46,06 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{зов.II}} = 9,46 + 24,92 = 34,38 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{зов.III}} = 9,46 + 16,34 = 25,8 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{зов.IV}} = 9,46 + 7,58 = 17,038 \text{ т/год} .$$

4) Визначимо витрату пари на власні потреби котельні (підігрів сирової води та хімічно очищеної води, витрати на деаератори), т/год :

$$D_{\text{вл.}} = 0.01 K_{\text{вл.}} D_{\text{зов.}},$$

де $K_{\text{вл.}}$ – витрата пари на власні потреби, % (рекомендується приймати в межах 5-10 %).

$$D_{\text{вл.I}} = 0,01 * 5 * 46,06 = 2,303 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{вл.II}} = 0,01 * 5 * 34,38 = 1,719 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{вл.III}} = 0,01 * 5 * 25,8 = 1,29 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{вл.IV}} = 0,01 * 5 * 17,038 = 0,852 \text{ т/год} .$$

5) При наявності мазутного господарства визначається витрата пари на нього, т/год :

$$D_m = 0.01 K_m D_{\text{зов.}},$$

де K_m – витрата пари на мазутне господарство, % (при відсутності даних приймається 3 %).

$$D_{\text{mI}} = 0,01 * 3 * 46,06 = 1,3818 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{mII}} = 0,01 * 3 * 34,38 = 1,0314 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{mIII}} = 0,01 * 3 * 25,8 = 0,774 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{mIV}} = 0,01 * 3 * 17,038 = 0,51 \text{ т/год} .$$

6) Визначимо витрати пари на покриття її втрат в котельні, т/год :

$$D_{\text{вт}} = 0,01 K_{\text{вт}} (D_{\text{зов.}} + D_m),$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{\text{вт}}$ – втрати від витоку в тепломережі, % (рекомендується приймати 2-3 %).

$$D_{\text{втI}} = 0,01 * 2 * (46,06 + 1,3818) = 0,949 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{втII}} = 0,01 * 2 * (34,38 + 1,0314) = 0,708 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{втIII}} = 0,01 * 2 * (25,8 + 0,774) = 0,5314 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{втIV}} = 0,01 * 2 * (17,038 + 0,51) = 0,351 \text{ т/год} .$$

7) Визначимо сумарну паропродуктивність котельні, т/год :

$$D = D_{\text{зоб}} + D_{\text{вл}} + D_{\text{м}} + D_{\text{вт}} ,$$

$$D_{\text{I}} = 46,06 + 2,303 + 1,3818 + 0,949 = 50,694 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{II}} = 34,38 + 1,719 + 1,0314 + 0,708 = 37,838 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{III}} = 25,8 + 1,29 + 0,774 + 0,5314 = 28,395 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{IV}} = 17,038 + 0,852 + 0,51 + 0,351 = 18,751 \text{ т/год} .$$

8) Визначимо втрати конденсату в обладнанні зовнішніх споживачів та в котельні, т/год :

$$G_{\text{к}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - \beta)D_{\text{м}} + 0,01K_{\text{к}}D ,$$

де β – частка конденсату, що повертається зовнішніми споживачами, %;

$K_{\text{к}}$ – втрати конденсату в циклі котельної установки, % (рекомендується приймати рівними 3 %).

$$G_{\text{кI}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - 60) * 9,46 + 0,01 * 3 * 50,694 = 5,3048 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{кII}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - 60) * 9,46 + 0,01 * 3 * 37,838 = 4,9191 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{кIII}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - 60) * 9,46 + 0,01 * 3 * 28,395 = 4,6359 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{кIV}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - 60) * 9,46 + 0,01 * 3 * 18,751 = 4,3465 \text{ т/год} .$$

9) Визначимо витрати хімічно очищеної води, т/год :

$$G_{\text{х.о.в.}} = G_{\text{к}}^{\text{вт}} + 0,01K_{\text{тм}}G ,$$

де $K_{\text{тм}}$ – втрати води в тепломережі, % (для закритої системи можуть бути прийняті рівними 2-3 %, для відкритої системи мають додатково враховувати витрату води з тепломережі на гаряче водопостачання).

$$G_{\text{х.о.в.I}} = 5,3048 + 0,01 * 2 * 259 = 10,4848 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{х.о.в.II}} = 4,9191 + 0,01 * 2 * 252 = 9,9591 \text{ т/год} ,$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{х.о.в.III}} = 4,6359 + 0,01 * 2 * 179 = 8,2159 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{х.о.в.IV}} = 4,3465 + 0,01 * 2 * 83 = 6,0065 \text{ т/год} .$$

10) Визначимо витрати сирій води, т/год :

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{х.о.в.}} G_{\text{х.о.в.}},$$

де $K_{\text{х.о.в.}}$ – коефіцієнт, що враховує витрату сирій води на власні потреби хімводопідготовки (рекомендується приймати рівним 1,25).

$$G_{\text{с.в.I}} = 1,25 * 10,4848 = 13,106 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{с.в.II}} = 1,25 * 9,9591 = 12,4489 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{с.в.III}} = 1,25 * 8,2159 = 10,2699 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{с.в.IV}} = 1,25 * 6,0065 = 7,5081 \text{ т/год} .$$

11) Визначимо кількість води, що поступає з неперервною продувкою в сепаратор, т/год :

$$G_{\text{пр}} = 0,01 p_{\text{пр}} D ,$$

де $p_{\text{пр}}$ – процент продувки (приймається від 2 до 5 %).

$$G_{\text{прI}} = 0,03 * 50,694 = 1,521 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{прII}} = 0,03 * 37,838 = 1,135 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{прIII}} = 0,03 * 28,395 = 0,8519 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{прIV}} = 0,03 * 18,751 = 0,5625 \text{ т/год} .$$

12) Визначимо кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки, т/год :

$$D_{\text{сеп}} = \frac{G_{\text{пр}} (i_{\text{к.в.}} - i_{\text{сеп}})}{x (i_{\text{сеп}}'' - i_{\text{сеп}}') \eta},$$

де $i_{\text{к.в.}}$ – ентальпія котлової води, кДж/кг;

$i_{\text{сеп}}'', i_{\text{сеп}}'$ – ентальпія пари та води в сепараторі, кДж/кг;

x – степінь сухості пари, що виходить з сепаратора, приймається рівною 0,98.

$$D_{\text{сеп.I}} = \frac{1,521 * (667 - 479)}{0,98 * (2698 - 479) * 0,98} = 0,134 \text{ т/год} ,$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{сеп.II}} = \frac{1,135 * (667 - 479)}{0,98 * (2698 - 479) * 0,98} = 0,100 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{сеп.III}} = \frac{0,8519 * (667 - 479)}{0,98 * (2698 - 479) * 0,98} = 0,075 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{сеп.IV}} = \frac{0,5625 * (667 - 479)}{0,98 * (2698 - 479) * 0,98} = 0,0496 \text{ т/год} .$$

13) Визначимо кількість води на виході з розширювача неперервної продувки, т/год :

$$G_{\text{сеп}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{сеп}} ,$$

$$G_{\text{сепI}} = 1,521 - 0,134 = 1,387 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{сепII}} = 1,135 - 0,100 = 1,035 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{сепIII}} = 0,8519 - 0,075 = 0,777 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{сепIV}} = 0,5625 - 0,0496 = 0,5129 \text{ т/год} .$$

14) Визначимо температура сирої води після охолоджувача неперервної продувки, °С :

$$t_{\text{с.в.}}' = \frac{G_{\text{сеп}}(i_{\text{сеп}}' - i_{\text{пр}}'')}{cG_{\text{с.в.}}} + t_{\text{с.в.}} ,$$

де $i_{\text{пр}}''$ – ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки (приймається рівною 210 кДж/кг), кДж/кг;

$t_{\text{с.в.}}$ – температура сирої води на вході в котельню, °С.

$$t_{\text{с.в.I}}' = \frac{1,387(479 - 210)}{4,19 * 13,106} + 5 = 11,7943 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{с.в.II}}' = \frac{1,035(479 - 210)}{4,19 * 12,4489} + 5 = 10,3376 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{с.в.III}}' = \frac{0,777(479 - 210)}{4,19 * 10,2699} + 5 = 9,8573 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{с.в.IV}}' = \frac{0,5129(479 - 210)}{4,19 * 7,5081} + 15 = 19,3857 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

15) Визначимо витрати пари на підігрівач сирої води, т/год :

$$D_{\text{с.в.}} = G_{\text{с.в.}} \frac{i_{\text{х.о.в.}}' - i_{\text{с.в.}}'}{i_{\text{роу}}'' - i_{\text{к}}'} ,$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $i_{\text{х.о.в.}}$ – ентальпія сирії води після підігрівача, що визначається для температури води, яка приймається в межах 20...30 °С, кДж/кг;

$i_{\text{с.в.}}$ – ентальпія сирії води після охолоджувача неперервної продувки, що визначається за температурою $t_{\text{с.в.}}$, кДж/кг;

$i_{\text{к}}^{\text{роу}}$ – ентальпія конденсату редукованої пари, що визначається за температурою конденсату, яка приймається в межах 70...85 °С.

$$D_{\text{с.в.І}} = \frac{13,106 * (83,9 - 50,38)}{2756 - 335} = 0,181 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{с.в.ІІ}} = \frac{12,4489 * (83,9 - 46,2)}{2756 - 335} = 0,194 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{с.в.ІІІ}} = \frac{10,2699 * (83,9 - 41,9)}{2756 - 335} = 0,178 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{с.в.ІV}} = \frac{7,5081 * (83,9 - 71,3)}{2756 - 335} = 0,039 \text{ т/годт/год} .$$

16) Визначимо витрати пари на підігрів хімічно очищеної води в підігрівачі перед деаератором живильної води котлів, т/год :

$$D_{\text{х.о.в.}} = G_{\text{к}} \frac{i_{\text{к}} - i_{\text{х.о.в.}}}{i_{\text{роу}} - i_{\text{к}}^{\text{роу}}} ,$$

де $i_{\text{к}}$ – ентальпія очищеної хімічно води після підігрівача (визначається за температурою конденсату, рівною 70-85 °С), кДж/кг;

$i_{\text{х.о.в.}}$ – ентальпія хімічно очищеної води перед підігрівачем (приймається за температурою на ≈ 2 °С меншою від температури сирії води на виході з підігрівача сирії води), кДж/кг.

$$D_{\text{х.о.в.І}} = \frac{5,3048 * (335 - 75,53)}{2756 - 335} = 0,569 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{х.о.в.ІІ}} = \frac{4,9191 * (335 - 75,53)}{2756 - 335} = 0,527 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{х.о.в.ІІІ}} = \frac{4,6359 * (335 - 75,53)}{2756 - 335} = 0,497 \text{ т/год} ,$$

$$D_{\text{х.о.в.ІV}} = \frac{4,3465 * (335 - 75,53)}{2756 - 335} = 0,4658 \text{ т/год} .$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17) Визначимо сумарну кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім пари деаератора, що гріє, т/год :

$$G_d = G_{\text{х.о.в.}} + \beta 0.01 D_T + D_{\text{х.о.в.}} + D_{\text{с.в.}} + D_{\text{п.с.в.}} + D_{\text{сеп}} ,$$

$$G_{\text{дI}} = 10,4848 + 60 * 0,01 * 9,46 + 0,569 + 36,6 + 0,181 + 0,134 = 53,64 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{дII}} = 9,9591 + 60 * 0,01 * 9,46 + 0,527 + 24,92 + 0,194 + 0,100 = 41,38 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{дIII}} = 8,2159 + 60 * 0,01 * 9,46 + 0,497 + 16,34 + 0,178 + 0,075 = 30,99 \text{ т/год} ,$$

$$G_{\text{дIV}} = 6,0065 + 60 * 0,01 * 9,46 + 0,4658 + 7,58 + 0,039 + 0,0496 = 19,82 \text{ т/год} .$$

18) Визначимо середню температуру води в деаераторах, °C:

$$t_d = \frac{G_{\text{х.о.в.}} i_k + \beta D_T i_k + D_{\text{х.о.в.}} i_k^{\text{POY}} + D_{\text{с.в.}} i_k^{\text{POY}} + D_{\text{сеп}} i_{\text{сеп}}'' + D_{\text{п.с.в.}} i_k}{c G_d} ,$$

$$t_{\text{дI}} = \frac{10,4848 * 335 + 0,6 * 9,46 * 335 + 0,569 * 335 + 0,181 * 335}{4,19 * 53,64} + \frac{0,134 * 2698 + 36,6 * 335}{4,19 * 53,64} = 81,36 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{дII}} = \frac{9,9591 * 335 + 0,6 * 9,46 * 335 + 0,527 * 335 + 0,194 * 335}{4,19 * 41,38} + \frac{0,100 * 2698 + 24,92 * 335}{4,19 * 41,38} = 81,32 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{дIII}} = \frac{8,2159 * 335 + 0,6 * 9,46 * 335 + 0,497 * 335 + 0,178 * 335}{4,19 * 30,99} + \frac{0,075 * 2698 + 16,34 * 335}{4,19 * 30,99} = 81,32 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$t_{\text{дIV}} = \frac{6,0065 * 335 + 0,6 * 9,46 * 335 + 0,4658 * 335 + 0,039 * 335}{4,19 * 19,82} + \frac{0,0496 * 2698 + 7,58 * 335}{4,19 * 19,82} = 81,36 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19) Визначимо витрати гріючої пари на деаератори, т/год :

$$D_d = \frac{G_d(i_{ж.в.} - 4,2t_d)}{(i_{роу} - i_{ж.в.})\eta},$$

де $i_{ж.в.}$ – ентальпія живильної води, кДж/кг, (температура живильної води приймається 104 °С).

$$D_{дI} = \frac{53,64 * (437 - 4,2 * 81,36)}{(2756 - 437) * 0,98} = 2,249 \text{ т/год},$$

$$D_{дII} = \frac{41,38 * (437 - 4,2 * 81,32)}{(2756 - 437) * 0,98} = 1,738 \text{ т/год},$$

$$D_{дIII} = \frac{30,99 * (437 - 4,2 * 81,32)}{(2756 - 437) * 0,98} = 1,301 \text{ т/год},$$

$$D_{дIV} = \frac{19,82 * (437 - 4,2 * 81,36)}{(2756 - 437) * 0,98} = 0,831 \text{ т/год}.$$

20) Визначимо витрати редукованої пари на власні потреби котельні, т/год :

$$D_{вл}^p = D_d + D_{х.о.в.} + D_{с.в.},$$

$$D_{влI}^p = 2,249 + 0,569 + 0,181 = 2,999 \text{ т/год},$$

$$D_{влII}^p = 1,738 + 0,527 + 0,194 = 2,459 \text{ т/год},$$

$$D_{влIII}^p = 1,301 + 0,497 + 0,178 = 1,976 \text{ т/год},$$

$$D_{влIV}^p = 0,831 + 0,4658 + 0,039 = 1,336 \text{ т/год}.$$

21) Визначимо дійсну паропроодуктивність котельні з врахуванням витрат пари на власні потреби, т/год :

$$D_k = (D_{зов} + D_{вл}^p) + 0,01 * 2(D_{зов} + D_{вл}^p),$$

$$D_{кI} = (46,06 + 2,999) + 0,02 * (46,06 + 2,999) = 50,04 \text{ т/год},$$

$$D_{кII} = (34,38 + 2,454) + 0,02 * (34,38 + 2,454) = 37,58 \text{ т/год},$$

$$D_{кIII} = (25,8 + 1,976) + 0,02 * (25,08 + 1,976) = 28,33 \text{ т/год},$$

$$D_{кIV} = (17,038 + 1,336) + 0,02 * (17,038 + 1,336) = 18,74 \text{ т/год}.$$

22) Визначимо невідповідність з попередньо прийнятою паропроодуктивністю котельні, % :

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta D = 100 \frac{D_k - D}{D_k},$$

$$\Delta D_I = 100 * \frac{50,04 - 50,694}{50,04} = 1,31 \%,$$

$$\Delta D_{II} = 100 * \frac{37,58 - 37,838}{37,58} = 0,697 \%,$$

$$\Delta D_{III} = 100 * \frac{28,33 - 28,39}{28,33} = 0,222 \%,$$

$$\Delta D_{IV} = 100 * \frac{18,74 - 18,751}{18,74} = 0,053 \%.$$

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок теплової схеми котельні

№ п/п	Найменування величини	Одиниці виміру	Позначення	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрів сітьової води	т/год	G	252	252	252	-
2	Витрата пари на підігрів сітьової води	т/год	$D_{п.с.в.}$	36,6	24,92	16,34	7,58
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов.}$	46,06	34,38	25,8	17,038
4	Витрата пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл.}$	2,303	1,719	1,29	0,852
5	Витрата пари на мазутне господарство	т/год	D_m	1,3818	1,0314	0,774	0,51
6	Витрата пари на покриття її втрат в котельні	т/год	$D_{вт}$	0,949	0,708	0,5314	0,351
7	Сумарна паропродуктивність котельні	т/год	D	50,694	37,838	28,395	18,751

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Витрата конденсату в обладнанні споживачів	т/год	G_K^{BT}	5,3048	4,9191	4,6359	4,3465
9	Витрата хім.очищеної води	т/год	$G_{x.o.b.}$	10,485	9,9591	8,2159	6,0065
10	Витрата сирії води	т/год	$G_{c.b.}$	13,106	12,449	10,269	7,5081
11	Кількість води з неперервною продувкою в сепаратор	т/год	$G_{пр}$	1,521	1,135	0,8519	0,5625
12	Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки	т/год	$D_{сеп}$	0,134	0,100	0,075	0,0496
13	Кількість пари на виході з розширювача неперервної продувки	т/год	$G_{сеп}$	1,387	1,035	0,777	0,5129
14	Температура сирії води після охолоджувача неперервної продувки	°C	$t_{c.b.}$	11,794	10,338	9,8573	19,386
15	Витрата пари на підігрівач сирії води	т/год	$D_{c.b.}$	0,181	0,194	0,178	0,039
16	Витрата пари на підігрів хім.очищеної води	т/год	$D_{x.o.b.}$	0,569	0,527	0,497	0,4658
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора	т/год	G_d	53,64	41,38	30,99	19,82
18	Середня температура води в деаераторах	°C	t_d	81,36	81,32	81,32	81,36

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Витрата гріючої пари на деаератори	т/год	D_d	2,249	1,738	1,301	0,831
20	Витрати редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл}^p$	2,999	2,459	1,976	1,336
21	Дійсна паропроодуктивність котельні	т/год	D_k	50,04	37,58	28,33	18,74
22	Нев'язка з попередньо прийнятою паропроодуктивністю	%	ΔD	1,31	0,697	0,222	0,053

Виходячи з отриманої паропроодуктивності котельні обираємо 2 котла типу ДЕ-25-15-270 ГМ-О з паропроодуктивністю кожного 25 т/год та робочим тиском 1,4(14) МПа.

2.4 Опис та характеристики котла типу ДЕ-25-15-270 ГМ-О

Газомазутні котли ДЕ двобарабанні вертикально-водотрубні виконані за конструктивною схеми «Д», характерною особливістю якої є бічне розташування топкової камери щодо конвективної частини казана.

Призначені для вироблення насиченої або слабо перегрітої пари з абсолютним тиском 14 кгс/см² або 24 кгс/см², паропроодуктивністю 4; 6,5; 10; 16 та 25 т/год та спалювання газоподібного та рідкого палива.

Котли виготовляються на заводі у вигляді одного транспортабельного блоку, змонтованого на опорній рамі і включає: барабани, трубну систему, пароперегрівач (для котлів з перегрівом пари), каркас, ізоляцію та обшивку(рисунок 2.5).

Котли також можуть бути виготовлені блоком без встановлених на заводі ізоляції та обшивки: у цьому випадку ізоляція та обшивка блоку котла здійснюється на монтажі.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ		Арк.
		Поліщук Н.					40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Котельні агрегати складаються з верхнього та нижнього барабанів однакової довжини, які з'єднані між собою коридорно-розташованими вертикальними вигнутими трубами і утворюють відповідно перший і другий газоходи конвективної поверхні нагрівання (дивись рисунок 2.4). Котли паропроодуктивністю 4; 6,5; 10 т/год у конвективних пучках мають поздовжні металеві перегородки по всій висоті газоходу з вікном (від фронту котла) спереду, що забезпечує розворот топкових газів у пучку на 180° та вихід газів в економайзер через задню стінку казана.

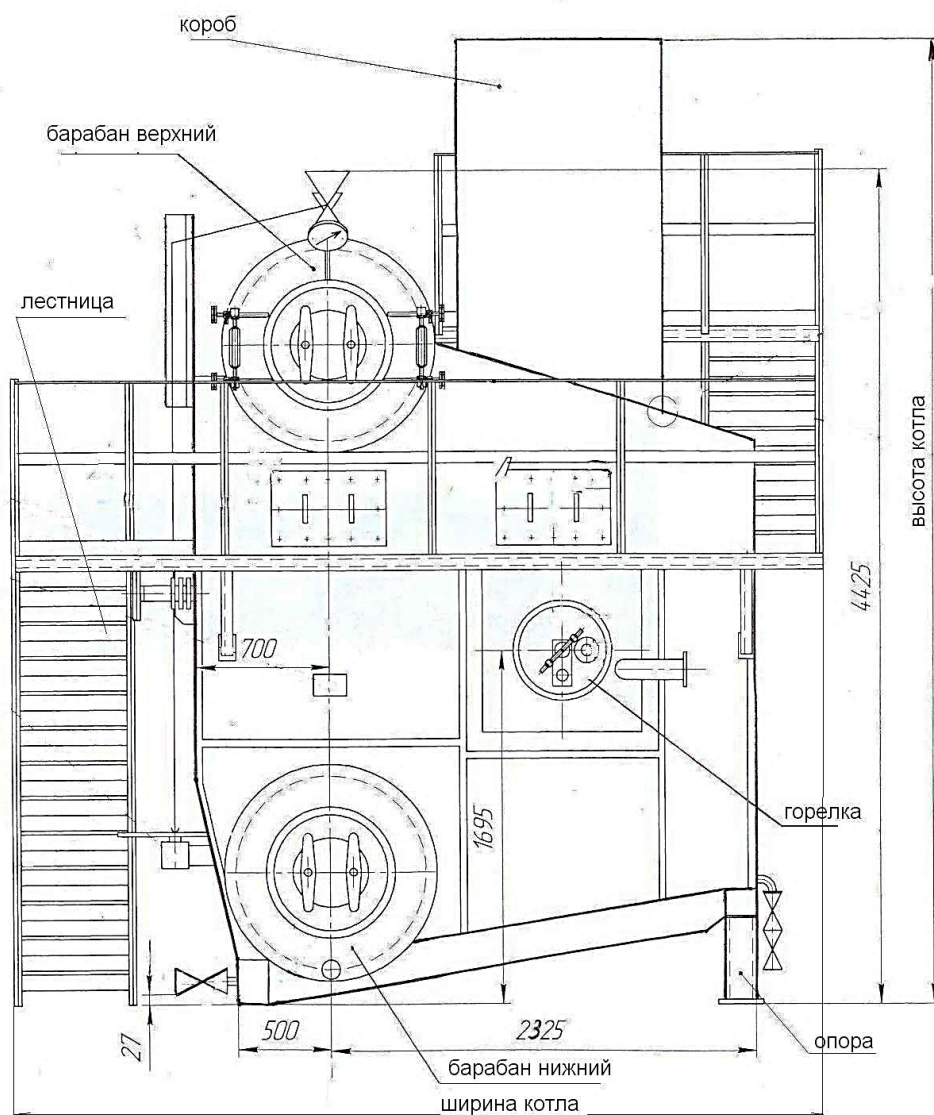


Рисунок 2.4 - Схема котла ДЕ-25-15-270 ГМ-О

Котли паропроодуктивністю 16 та 25 т/год таких перегородок не мають, і газів йдуть по всьому перерізу газоходу до фронту котла, що виходять з котла, а потім

		Поліщук Н.			02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

по газовому коробі, розміщеному над топковою камерою, прямують у водяний економайзер, розташований у хвостовій частині котла.

Для всіх типорозмірів газомазутних котлів ДЕ поперечний переріз камери згорання однаковий. Збільшення потужності котла одержують за рахунок збільшення довжини барабанів. Діаметри верхнього та нижнього барабанів – 1000 мм, відстань між барабанами по осях – 2750 мм.

Ширина камери згорання всіх котлів по осях екранних труб – 1790 мм, середня висота топкової камери – 2400 мм. Барабани котлів виготовляють із сталі 16 ГС чи 09Г2С товщиною стінки 13 та 22 мм, відповідно для надлишкового тиску 13 та 23 кгс/см². Всі труби радіаційної та конвективної поверхні нагрівання розвальцьовані в барабанах і мають зовнішній діаметр 51×2,5 мм.

Для доступу всередину барабанів у передньому та задньому днищах є лази.

Топкова камера котла знаходиться збоку (праворуч) від конвективного пучка і відокремлена від нього зліва газощільною перегородкою з труб, зварених між собою металевими смужками. У задній частині газощільного екрану, на відстані 700 мм від задньої стінки котла, є вікно для виходу топкових газів з топки конвективний пучок.

Подовий, правий бічний топковий екран і стеля топки відповідно до своєї конструкції утворюються довгими вигнутими трубами кінці яких з'єднуються безпосередньо з верхнім та нижнім барабанами на вальцьовці. Нижня частина топки викладається шаром вогнетривкої цегли.

Для виробництва перегрітої пари встановлюють пароперегрівач. На казанах 4...10 т/год пароперегрівач виконаний змійовиком із труб діаметром 32 × 3 мм, а на котлах 16 та 25 т/год – дворядним із труб 51 × 2,5 мм.

Як хвостові поверхні нагріву застосовуються стандартні чавунні водяні економайзери ЕЧБ 2.

Обмуровка котла зовні покривається металевою листовою обшивкою для зменшення присосів повітря у газовий тракт.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

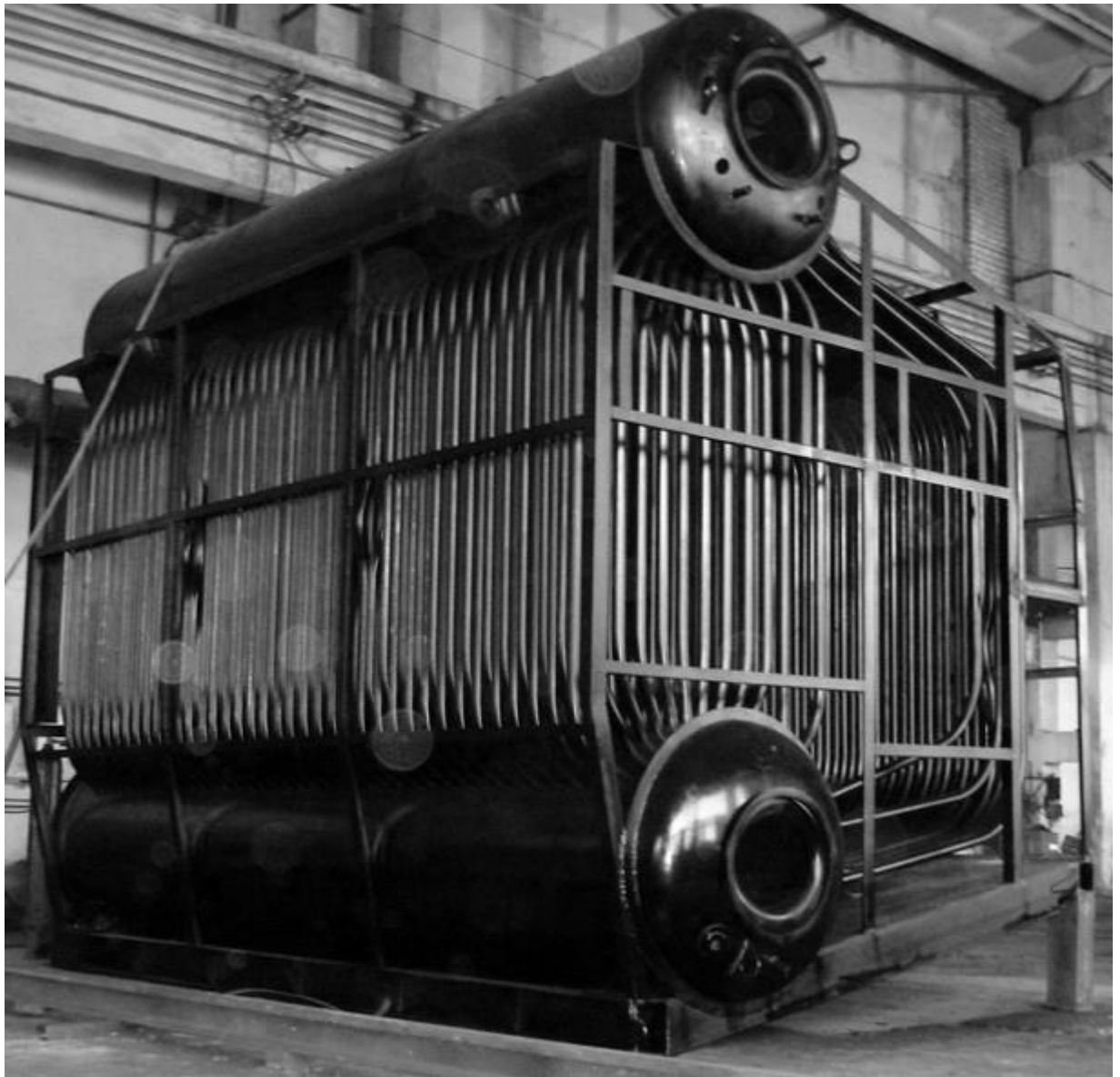


Рисунок 2.5 - Котел типу ДЕ-25-15-270 ГМ-О

Кожен котел ДЕ має два пружинні запобіжні клапани, один у тому числі є контрольним. На котлах без пароперегрівача обидва клапани встановлюються на верхньому барабані котла і будь-який з них може бути вибраний як контрольний. На котлах з пароперегрівачем контрольним клапаном є клапан вихідного колектора перегрівача. Підтримка температури перегріву у котлів з пароперегрівачами забезпечується в діапазоні навантажень 70-100%

Мінімальне навантаження котлів по парі залежно від стану пального 20-30% від розрахункового.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне навантаження котлів по пару з урахуванням достатнього дуття та тяги (короткочасне) для казанів ДЕ-4-10ГМ-120% від розрахункової; для казанів ДЕ16-25ГМ-110% від розрахункового.

Температура живильної води – 100°C (+10; -10).

Температура дутьового повітря перед пальником не нижче 10°C.

Літера “О” у заводському позначенні котлів означає: котел у обшивці та ізоляції.

Середній термін служби котлів між капітальними ремонтами при кількості годин використання встановленої потужності 2500 год/г – 3 роки, середній термін служби до списання – 20 років.

2.5 Вибір теплопідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів

Як визначалося раніше, котел ДЕ-25-15-270 ГМ-О блочно-модульного типу.

Заводські характеристики:

- продуктивність – 25 т/год
- робочий тиск котла – 14,4 МПа
- загальна поверхня нагріву – 256,1 м²
- водяний об’єм котла – 12,66 м³
- паровий об’єм котла – 3,49 м³
- тип газомазутної горілки - ГМП-16 (окремим місцем)

Комплектуюче обладнання:

- економайзер – ЕЧБ2-808И
- вентилятор ВДН-11,2-1500
- димосос – ДН-13-1500

Котел поставляється в корпусі, разом з додатковим обладнанням, тому обрахунок не виконується.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ККД ПАРОВОЇ ТУРБІНИ

3.1 Цикли паросилових установок (цикл Ренкіна)

В паросилових установках перетворення енергії палива в механічну роботу відбувається за допомогою пари. Схема найпростішої паросилової установки наведена на рисунку 3.1, а теоретичний цикл даної установки наведено на рисунку 3.2.

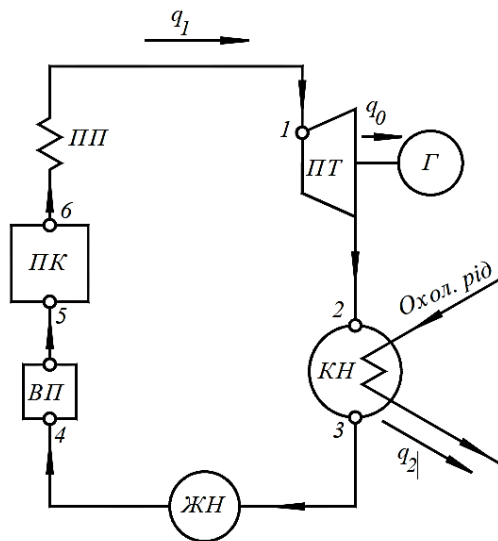


Рисунок 3.1 - Схема паросилової установки

Вода при початковій температурі (точка 3) стискається насосом ЖН (процес 3-4) і подається в водопідігрівник ВП при тиску p_1 , де вода підігрівається при сталому тиску (процес 4-5) до температури насичення T_H з витратою питомої теплоти q_1' (точка 5), а потім у паровому котлі ПК відбувається пароутворення при $T_H = \text{const}$ (процес 5-6) з витратою питомої теплоти q_1'' . Здобута суха насичена пара у пароперегрівнику ПП перегрівається (процес 6-1) до потрібної температури T_1 (точка 1) з витратою питомої теплоти q_1''' .

Перегріта пара з параметрами p_1, T_1, h_1 паропроводом надходить до парової турбіни ПТ, де відбувається її адіабатне розширення до тиску p_2 , яке зумовлює зовнішню роботу (процес 1-2). Щоб пара виконала побільше роботи, тиск пари після турбіни повинен бути якомога нижчим. Для цього пару з турбіни випускають в конденсатор КН, в якому підтримується тиск нижчий від атмосферного. Конденсатор – це трубчатий теплообмінник, в якому за

допомогою охолоджувальної води від пари відбирається приховане тепло пароутворення $r=q_2$ і пара при сталих температурі і тиску переходить в рідину (процес 2-3).

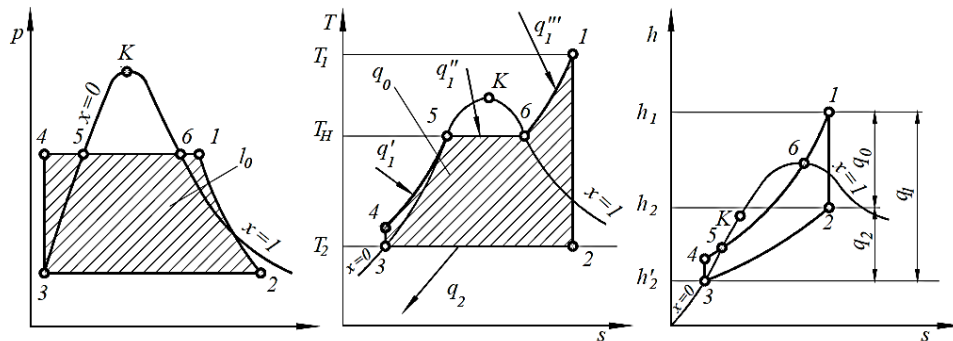


Рисунок 3.2 - Цикл Ренкіна в v - p -, s - T - і s - h - діаграмах

Термічний ККД циклу Ренкіна визначається із загальної формули:

$$\eta_t = \frac{l_0}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

Питома теплота q_1 , що підведена до водопідігрівника (q_1'), парового котла (q_1'') і пароперегрівника (q_1'''), визначається за формулою :

$$q_1 = q_1' + q_1'' + q_1''' = h_1 + h_2' \quad (3.1)$$

де h_1 – питома ентальпія пари, яка входить до пароперегрівника;

h_2' - питома ентальпія конденсату (вода, що поступає у паровий котел).

Питома теплота q_2 , яка віддається парою в конденсаторі охолоджувальної води, визначається за формулою :

$$q_2 = h_2 - h_2' \quad (3.2)$$

де h_2 – питома теплота після турбіни.

Підставимо значення q_1 та q_2 в формулу термічного ККД, отримаємо :

$$\eta_{t\text{Рен}} = \frac{(h_1 - h_2')}{h_1 - h_2'} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2'} \quad (3.3)$$

Величину $h_1 - h_2$ називають адіабатним тепловим перепадом і позначають h_0 .

3.2 Способи підвищення термічного ККД

Аналізуючи рівняння 3.3, можна зробити висновок, що термічний ККД циклу паросилової установки залежить від h_1 , h_2 та h_2' .

При зміні цих величин змінюється і значення термічного ККД. Ентальпія свіжої пари, що надходить в двигун, визначається початковим тиском p_1 і температурою t_1 . Якщо змінити ці параметри, зміниться величина h_1 , а відповідно, і термічний ККД.

Якщо підвищувати тиск пари, залишивши без зміни його температуру, то, як видно з hs -діаграми (рисунок 3.3), значення ентальпії дещо зменшиться, але збільшиться тепловий перепад h_1-h_2 , що підвищує термічний ККД, а питома витрата знижується. Відповідно, з підвищенням початкового тиску ефективність циклу зростає.

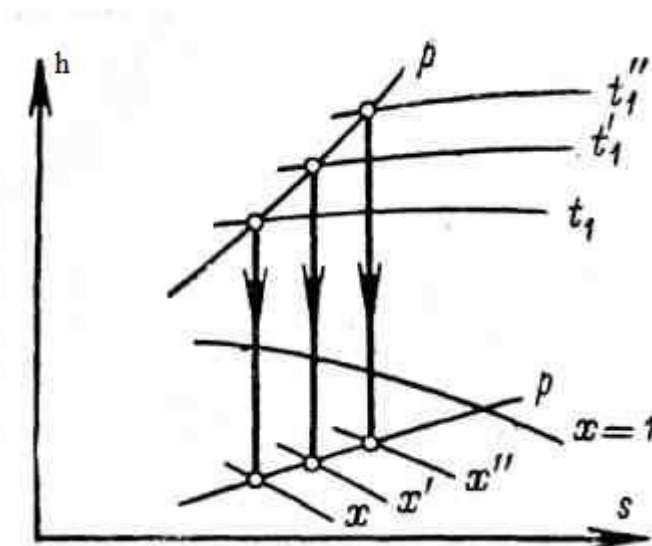


Рисунок 3.3 Вплив підвищення початкового тиску на ККД циклу Ренкіна

Негативним наслідком підвищення тиску є збільшення вологості пари в кінці її розширення, що видно з hs -діаграми (рисунок 3.3).

Підвищення термічного ККД можна досягти за рахунок підвищення початкової температури пари, не змінюючи при цьому тиск. Як видно з hs -діаграми (рисунок 3.4), при цьому зростає ентальпія h_1 і знижується вологість пари в кінці розширення.

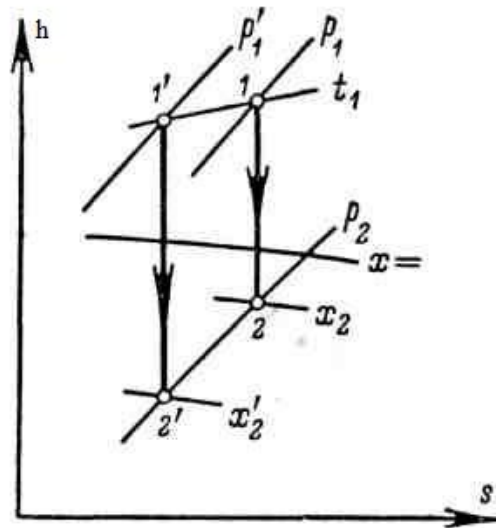


Рисунок 3.4 - Вплив підвищення початкової температури на ККД циклу Ренкіна

Отже, можна зробити висновок, що як підвищення тиску, так і підвищення температури сприяють підвищенню термічного ККД. Тому в сучасних паросилових установках одночасно з підвищенням тиску підвищують і температуру перегрітої пари.

Ефективним засобом підвищення термічного ККД паросилової установки є зниження кінцевого тиску p_2 . При цьому, як видно з h - s діаграми (рисунок 3.5), збільшується перепад тепла $h_1 - h_2$, термічний ККД циклу зростає, а питома витрата пари d_0 зменшується.

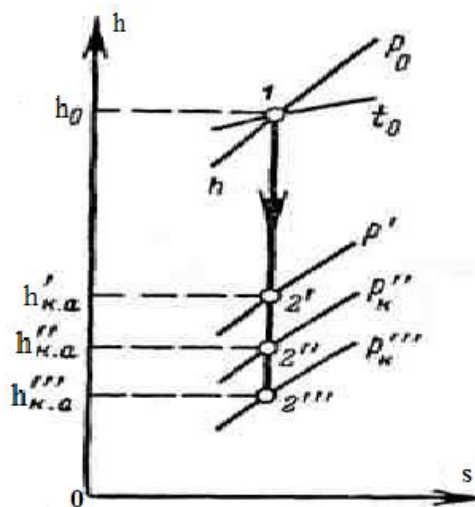


Рисунок 3.5 - Вплив зниження кінцевого тиску на ККД циклу Ренкіна

Кінцевий тиск пари в більшості паротурбінних установок становить 0,03 – 0,05 бар. Підвищення ККД циклу за рахунок подальшого зниження p_2 практично не можливо бо природні охолоджувачі мають більш високу температуру, чим температура пари при тиску p_2 .

Окрім розглянутих вище способів підвищення ККД застосовують іще ряд заходів, що сприяють його збільшенню. Наприклад, проміжний підігрів пари та регенеративний підігрів живильної води.

Проміжний підігрів пари.

Підвищення початкового тиску пари збільшує термічний ККД циклу паросилової установки, але застосування пари високого тиску збільшує ступінь вологості пари в кінці її розширення. Вологість пари отримується настільки високою, що викликає знос лопаток останніх ступенів парової турбіни. Для усунення цього недоліку застосовують проміжний перегрів пари. Суть цього способу полягає в наступному. Пара із котла 1 (рисунок 3.6) після часткового розширення в перших ступенях турбіни 2 відводиться в пароперегрівник 3, де вона повторно перегрівається при постійному тиску або до температури свіжої пари, або до температури дещо нижче початкової.

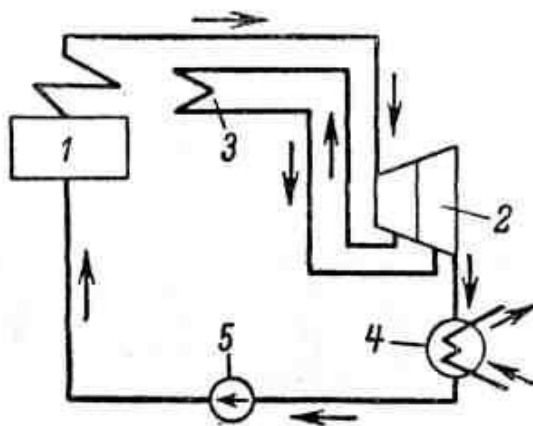


Рисунок 3.6 - Схема паросилової установки з проміжним перегрівом пари

При досягненні необхідної температури пара із повторного пароперегрівника направляється на останні ступені турбіни, де закінчується процес розширення до тиску p_2 , після чого пара надходить в конденсатор 4. Утворений конденсат з допомогою конденсаторного насоса 5 перекачується із конденсатора в паровий

котел. Застосування проміжного перегріву пари веде до деякого підвищення термічного ККД.

Регенеративний перегрів живильної води

Регенеративний перегрів живильної води до надходження її в паровий котел відбувається за рахунок тепла пари, що частково забирається із турбіни. Суть цього способу полягає в наступному. Пара із котла 1 (рисунок 3.7) надходить в парову турбіну 2. Після часткового розширення частина пари із першого ступеня турбіни відбирається і направляється в підігрівник живильної води 7, а потім в живильний бак 5. Пара, що залишилася в турбіні, надходить на другу ступінь турбіни, де продовжує розширюватися. На виході із другого ступеня частина пари направляється в підігрівник води 6, а потім в живильний бак 5. Пара, що залишилась в турбіні після другого відбору, направляється на третю ступінь турбіни, де вона розширюється до кінцевого тиску і направляється в конденсатор 3, із якого конденсат з допомогою конденсаторного насоса 4 перекачується в живильний бак 5. Із живильного баку насосом 6 вода через підігрівники води 6 і 7 подається в котел 1. Підігрів живильної води відбірним паром називається регенеративним підігрівом, а відповідний цикл – регенеративним циклом.

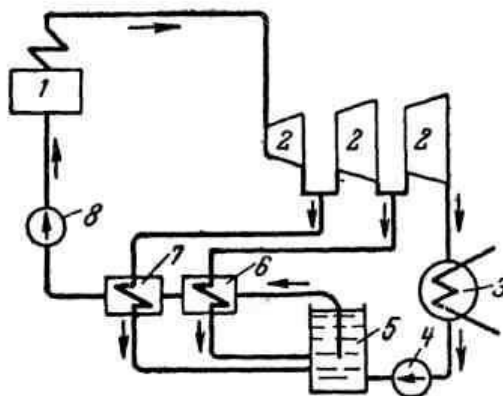


Рисунок 3.7 - Схема будови регенеративної паросилової установки

В сучасних паросилових установках великих параметрів кількість відборів води може сягати 6 – 8 раз. Регенеративний підігрів живильної води приводить до суттєвого підвищення термодинамічного ККД паросилової установки. Із збільшенням числа відборів ККД регенеративного циклу зростає.

4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРІЮЧИХ СИСТЕМ

Поліпшення умов праці покращує продуктивність, якість продукції, яка випускається, підвищує трудову дисципліну, знижує плинність кадрів, зменшує число аварій, травматизм і профзахворювання, а також зв'язані з цим економічні втрати.

Тема дипломного проекту – розробка проекту теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту.

Метою даного розділу є аналіз умов праці в приміщенні котельні та розробка комплексу заходів для їх поліпшення.

4.1 Охорона праці при монтажі обладнання котельні

У сучасних котелень не менше 80% обладнання монтують методом зборки укрупнених блоків. На спеціальному складальному майданчику окремі елементи каркаса, поверхонь нагріву і т.ін. збирають у великі блоки. Потім блоки піднімають і встановлюють у положення передбачене проектом.

Монтаж пов'язаний з підйомом і переміщенням громіздких і нетранспортабельних вузлів, блоків. Всі підйомно-транспортні роботи на монтажі механізуються. Для цього використовується автокран і пневмоколісний кран. Монтажний майданчик огорожують суцільним огородженням. Матеріали зберігають у спеціально відведених місцях. Дороги вільні для проїзду. Входи, переходи і виходи вільні і безпечні. Проходи в небезпечних місцях виконують дерев'яними настилами. Настили обов'язково постачають перилами. Монтаж технологічного устаткування виконується відповідно до проекту виробництва монтажних робіт.

При виконанні монтажних і ремонтних робіт, при реконструкції котельної та при експлуатації обладнання необхідно дотримуватися вимог ДНАОП, ДСН, ДБН, стандартів ССБТ і інших норм та правил.

На ділянці, де ведуться монтажні роботи не виконуються інші роботи.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється підйом збірних залізобетонних конструкцій, що не мають монтажних петель або міток, що забезпечують їхнє правильне стропування й монтаж.

Застосовувані способи стропування елементів конструкцій і устаткування забезпечують їхню подачу до місця установки в положенні, близькому до проектного.

Під час переміщення елементи конструкцій або устаткування утримуються від обертання й розгойдування гнучкими відтягненнями.

Устаткування й трубопроводи повинні бути звільнені від вибухонебезпечних, горючих і шкідливих речовин.

При виконанні монтажних робіт для закріплення технологічного й монтажного оснащення використовуються устаткування й трубопроводи, а також технологічні й будівельні конструкції після узгодження з особами, відповідальними за правильну їхню експлуатацію.

Розпакування й розконсервація устаткування яке підлягає монтажу, виконуються в зонах, відведених відповідно до проекту виробництва робіт, і здійснюється на спеціальних стелажах або підкладках висотою не менш 100 мм.

При розконсервації устаткування не допускається застосування матеріалів із пожежонебезпечними властивостями.

У процесі виконання складальних операцій, сполучення отворів і перевірка їхнього збігу в деталях, які монтуються, виконується з використанням спеціального устаткування. Не допускається перевіряти пальцями рук збіг отворів в деталях, які монтуються.

При монтажі устаткування повинна бути виключена можливість мимовільного або випадкового його включення.

При переміщенні устаткування відстань між ними і виступаючими частинами змонтованого устаткування або інших конструкцій повинні бути по горизонталі не менш 1м, по вертикалі - 0,5м.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не допускається використовувати неприйняті в експлуатацію в установленому порядку електричні мережі і енергетичне обладнання. Експлуатується після прийняття в установленому порядку.

Не допускається проводити роботи або знаходитися на відстані менше 50м від місця випробування повітряних вимикачів.

При необхідності подачі оперативного струму для опробування електричних ланцюгів і апаратів на них слід встановити попереджувальні плакати, знаки або написи, а роботи, не пов'язані з випробуванням, повинні бути припинені і люди, зайняті на цих роботах, виведені.

Подача напруги для випробування електрообладнання проводиться за письмовою заявкою відповідальної особи електромонтажної організації (майстра або виконроба), призначеного спеціальним розпорядженням.

На монтованих трансформаторах кінці первинних і вторинних обмоток повинні бути заземлені та закорочені на весь час проведення електромонтажних робіт.

Електромонтажні роботи в діючих електроустановках, як правило, повинні виконуватися після зняття напруги з усіх струмоведучих частин, що знаходяться в зоні виконання робіт, їх від'єднання від діючої частини електроустановки.

Падіння вантажу при переміщенні може відбутися при несправності стропів, при невідповідності грузопідйомності крана вазі обладнання.

При роботі на висоті необхідно використовувати страхові пояси та засоби захисту.

4.1.1 Заходи з безпечної експлуатації устаткування котельні

Основне й допоміжне устаткування розміщують в спеціальному приміщенні. Проектом передбачені нормативні проходи для обслуговування устаткування. Для обслуговування трубопроводів і арматури водогрійних котлів передбачені площадки на відмітці 2,0 м.

Відстань між елементами устаткування, а також між устаткуванням і стінами приміщень приймається більше 1 м. Ширина основного проходу дорівнює 2 м.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій у місцях регулярного проходу персоналу, обслуговування трубопроводів і арматур водогрійних котлів становить 2м.

Для забезпечення нормальних умов експлуатації устаткування котельні проектом передбачається установка контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і запірної арматури.

Устаткування й трубопроводи з температурною більше +45С теплоізовані й пофарбовані в відповідні кольори згідно з вимогами. Всі струмоприймачі заземлені відповідно вимогам розділу ПУЕ-2017.

Для припинення або зміни подачі води і газу на всіх трубопроводах установлюються засувки й вентиля. Арматури встановлені в місцях, зручних для обслуговування й ремонту. Засувки й вентиля, що вимагають для відкриття більших зусиль, забезпечені обвідними лініями, механічними приводами.

Горизонтальні ділянки паропроводів укладаються з ухилом 0,0020 з забезпеченням дренажу.

Рухливі частини устаткування закриті захисними кожухами.

Компенсація теплових розширень трубопроводів здійснюється П-подібними компенсаторами.

4.1.2 Заходи, щодо безпеки експлуатації електрообладнання котельні

Проектом передбачене електрообладнання котельні з двома парогрійними котлами, що працюють на природному газі, а також мережними, циркуляційними і живильними насосами. По надійності електропостачання котельня відноситься до II-ї категорії.

По ступені небезпеки ураження персоналу електричним струмом приміщення котельні відносяться до особливо небезпечних, бо є декілька факторів підвищеної небезпеки:

- наявність струмопровідних підлог;
- дотик людини до металевих корпусів електроустаткування.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Степінь враження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, роду й частоти струму, індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища. Основним фактором, що обумовлює той або інший ступінь ураження людини, є сила струму. Найбільша небезпека виникає при безпосередньому проходженні струму через життєво важливі органи людини.

Найпоширенішими технічними засобами захисту є захисне заземлення і занулення. Організаційні й технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають, в основному, у відповідному навчанні, інструктажі й допуску до роботи осіб, що пройшли медичний огляд і виконанням ряду технічних заходів при проведенні робіт з електроустаткуванням, дотриманні додаткових вимог при роботах із частинами, що перебувають під напругою.

4.1.2.1 Технічні рішення по запобіганню електротравм при дотику до нормально струмоведучих частин електрообладнання (при нормальному режимі їх роботи)

Зовнішні електропроводки виконані на відстані від підлоги: 2,5 метрів над робочим місцем; 3,5 метрів над проходами; 6 метрів над проїздами.

Магістральні і розподільчі мережі виконуються кабелем ВВГнг відкрито на скобах, в коробі, в гнучкому рукаві.

Освітлення котельні передбачається робоче, аварійне і ремонтне, на напрузі 220В і 12В відповідно. Для аварійного освітлення використовується переносний акумуляторний ліхтар.

В якості джерел світла для забезпечення безпечного доступу в котельню застосована мінімально необхідна кількість вибухозахищених світильників (НСП), які мають ступінь захисту достатній для використання в приміщеннях категорії 2 і вмикаються ззовні. Для робочого освітлення застосовано світильники з люмінесцентними лампами (ЛСП).

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У місцях підвищеної небезпеки ураження електричним струмом проектом передбачене ізолювання робочого місця персоналу шляхом застосування екранів (металеві аркуші, сітки, комбінації аркушів і сіток).

Екран повинен бути електрично-герметичний, а контактуючі поверхні його частин повинні мати антикорозійне покриття й щільно притискатися одне до одного по всій площі.

4.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничій санітарії

4.2.1 Параметри мікроклімату в приміщенні котельної

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що впливають на організм людини: температура, вологість, швидкість руху повітря і теплові випромінювання.

Норми на оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони (робочого місця) приміщень у залежності від періоду року і категорії виконуваних робіт. Крім того, допустимих температур повітря встановлюють різні для постійних і непостійних робочих місць.

Поділ робіт на категорії проводиться в залежності від загальної енерговитрати організму працівника. Відповідно до характеру робіт у відзначеному приміщенні, фізичні роботи середньої важкості (категорія Пб) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 233 - 290 Вт (201-250 ккал/год.) До категорії Пб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Показники мікроклімату в приміщенні котельні регламентуються ДСН наведені в таблиці 4.1 окремо для холодного і теплого періодів року.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Показники мікроклімату в приміщенні котельні

Період року	Параметр мікроклімату	Параметри мікроклімату відповідно ДСН 3.3.6.042-99	
		оптимальний	допустимий
Холодний	Температура, °С	22-24	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Теплий	Температура, °С	22-25	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1

Дотримання умови мікроклімату в межах норми забезпечується: у холодний період підігрівом приміщення радіаторами з теплоносієм водою, нагрітої до температури 50-80°C, кондиціонуванням; у теплий період

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення котельні проектом передбачається:

- автоматизація технологічного процесу (на місцях виміру параметрів установлені датчики, які передають інформацію на щит керування);
- зменшення виділення тепла й вологи за рахунок застосування ізоляції (ізолюючі мати) і фарбування срібlistого кольору;
- опалення виробничих, побутових і допоміжних приміщень (система опалення однотрубна з нижнім розведенням);
- видалення надлишкових тепла й вологи за рахунок вентиляції приміщень.

4.2.2 Система вентиляції

Основним видом вентиляції є природний повітрообмін за рахунок різниці температур.

У літній період повітря частково або повністю забирається з котельні вентилятором. У зимовий час частково із приміщень і вулиці, а при температурі -20°C повітря на горіння забирається тільки ззовні будинку.

4.3 Пожежна безпека

Відповідно до вимог будівельних норм і правил і від характеру використовуваних у виробництві речовин і їхньої кількості проєктована котельня ставиться до виробництва категорії Г, вогнестійкість будинків котельні характеризується II ступенем вогнестійкості.

Найбільш частими причинами пожеж можуть бути:

- порушення правил пожежної безпеки;
- порушення правил зберігання горючих речовин, особливо поблизу нагрівальних приладів;
- порушення правил експлуатації електроустаткування;
- паління в не відведених для цих цілей місцях.

Вибухи й пожежі можуть відбутися при витоках газу через нещільності рознімних з'єднань газопроводів і арматур.

Загальні вимоги пожежної безпеки викладені в [7]: всі трубопроводи котельні з температурою поверхні вище 45°C ізолюють. Ізоляція виконана двошаровою: першим шаром є мінерало-ватяний, а другий покривний матеріал - фольга.

Проектом котельні передбачається установка Запобіжно-скидного клапану (ПСК) MVS / 1, MVSP / 1, MVSL / 1, який призначений для скидання деякого об'єму газу за регулятором в разі короткочасного підвищення вихідного тиску понад встановлений. Використання ПСК дозволяє уникнути несанкціонованого спрацьовування запобіжно-запірного клапана (ПЗК) і мінімізувати наслідки від аварійних зупинок устаткування. Для проведення регламентних робіт ПСК моделі MVSL / 1 забезпечені рукояткою примусового відкриття. Зазвичай ПСК налаштовується на середнє значення між уставками регулятора і ПЗК при наявності останнього.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в котельні установлені спеціальні пожежні щити з набором: пінних вогнегасників ОХВП- 10-12шт.; вуглекислотних вогнегасників, ОУ- 5-3шт.; ящик з піском; щільне полотно; сокира; лом; багор; лопата. Щити розташовуються у легко доступних місцях,

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ближче до виходів із приміщень. На місцевому тепловому щиті кожного котла є два вуглекислотних вогнегасники ОУ- 5.

Кількість, розташування та умови зберігання вогнегасників відповідають ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-77

У котельні влаштований протипожежний водопровід. Пожежні крани встановлені в приміщенні котельні.

Протипожежне водопостачання забезпечується наступними проектними рішеннями:

- загальна витрата води на площадці становить 10 л/с, з урахуванням потреб пожежогасіння:

- пожежогасіння котельні приймається двострунним. Необхідний напір при внутрішньому пожежогасінні становить 16 м;

- пожежні крани до котельному відділенні розміщені на основних оцінках обслуговування;

- у допоміжних, санітарно - побутових приміщеннях котельні проектом передбачена пожежна сигналізація.

Для попередження руйнування устаткування при можливому накопиченні природного газу на металевих газоходах від каналів до димаря встановлені підривні клапани.

Для пожежної сигналізації згідно ДБНВ.2.5-56-2014 застосовані пристрої охоронної сигналізації УОТС-1-1, які працюють з димовими й тепловими датчиками.

Датчики встановлюються на стелі. Пристрій охоронної сигналізації встановлюється в приміщенні чергового персоналу.

В робочих приміщеннях котельні виконані усі вимоги НАПБВ.01.34-2005 та Правил пожежної безпеки підприємств та організацій енергетичної галузі України.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У даному дипломну проекті була розрахована котельня для теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту, а також розробка напрямків підвищення ККД парової турбіни.

Опалення житлових та нежитлових приміщень є беззаперечною необхідністю. Це запорука комфортної температури для людей, що там живуть, працюють, навчаються, тощо. Повноцінна експлуатація будь-якої будівлі вимагає наявності сучасної системи опалення та проектування котелень, що забезпечують комфортні умови для мешканців або працівників.

У ході розрахунків були розраховані теплові навантаження даного житлового масиву, які представлені у таблицях 2.2 та 2.5. За результатами цих розрахунків у якості теплогенеруючих пристроїв були підібрані два котли марки ДЕ-25-15-270 ГМ-О з паропродуктивністю кожного 25 т/год та робочим тиском 1,4(14) МПа.

Також була розроблена теплова схема із закритою системою теплопостачання, на основі якої були розраховані діаметри основних трубопроводів котельні, швидкості теплоносіїв в них, та підібране допоміжне обладнання.

Також, в проекті визначено заходи щодо підвищення ефективності ККД парової турбіни.

Розроблено заходи з охорони праці під час монтажу та експлуатації котельні.

Результати роботи можуть бути використані при організації системи опалювання об'єктів промисловості та житлово-комунального сектору.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб./М.Ф.Боженко,В.П.Сало.— Київ: ІВЦ «Видавництво,Політехніка», 2004. – 192 с.
2. Бузников, Е. Ф. Производственные и отопительные котельные [Текст] / Е. Ф. Бузников, К. Ф. Роддатис, Э. Я. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 248 с.
3. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей [Текст]: справочник / под ред. В. И. Манюка. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
4. <https://provodka.pp.ua/principova-teplova-shema-vodogrijnoi-kotelni-shemi.html>
5. Закон України про охорону праці 6. ДНАОП 0.00-1.08-94. Правила будови та безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів;
6. ДБН В. 2. 6 – 31 : 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007-04-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 65 с.
7. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
8. Киселев, Н. А. Котельные установки [Текст]: учеб. пособие / Н. А. Киселев. – М.: Высш. шк., 1979. – 270 с.
9. Краснощеков Е.Л., Задачник по теплопередаче. – Е.Л. Краснощеков., Л.С. Сукомел. М.: Энергия, 1980. – 288с;
10. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.
11. Технічні дані продукції компанії Iota [Електроний ресурс]. – режим доступу: <http://www.lota.ua/>,<http://www.grundfos.com/>, <http://www.ridan.ru/> (30.05.19)
12. Эстеркин, Р. И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование [Текст]: учеб. пособие / Р. И. Эстеркин. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022.ПЗ	Арк.
		Поліщук Н.				61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А1

Усереднені розрахункові температури в приміщеннях

Найменування будівлі	Температура в приміщенні, °С
Житлові і адміністративні будівлі, готелі	18
Підприємства громадського харчування, Будинки культури	16
Кінотеатри	14
Дитячі садки, лікарні	20
Гаражі	10
Лазні	25

Таблиця А2

Кліматологічні дані деяких міст України

Місто	Температура зовнішнього повітря, °С				Тривалість опалювальн ого періоду, діб
	розрахункова для проектування		середня		
	опалення	вентиляції	опалювальн ого періоду	найхолодні шого місяця	
Вінниця	-21	-10	-1,1	-6,0	189
Дніпро	-23	-9	-1,0	-5,4	175
Донецьк	-24	-10	-1,8	-6,6	183
Запоріжжя	-22	-8	-0,4	-4,9	175
Київ	-22	-10	-1,1	-5,9	187
Кропивницький	-22	-9	-1,0	-5,6	185
Кривий Ріг	-23	-9	-0,6	-5,0	178
Луганськ	-25	-10	-1,6	-6,6	180
Львів	-19	-7	-0,2	-5,0	191
Миколаїв	-20	-7	+0,4	-3,5	165
Одеса	-18	-6	+1,0	-2,5	165
Сімферополь	-16	-4	+1,9	-1,0	158
Суми	-24	-12	-2,5	-7,9	195
Тернопіль	-21	-9	-0,5	-5,4	190
Ужгород	-18	-6	+1,6	-3,1	162
Харків	-23	-11	-2,1	-7,3	189
Черкаси	-22	-9	-1,0	-5,8	189
Чернігів	-23	-10	-1,7	-6,7	191

Питомі тепловитрати q_0 і питомі витрати теплоти на вентиляцію будівель (для орієнтовних розрахунків) [1]

Призначення будівель	Будівельний об'єм будівель, тис. м ³	Питома характеристикам Дж/(с·м ³ ·°С)	
		для опалювання q_0	для вентиляції q_v
Чавуноливарні цехи	10...50	0,35...0,29	1,28...1,17
	50...100	0,29...0,25	1,17...1,05
	100...150	0,25...0,21	1,05...0,95
Сталеливарні цехи	10...50	0,35...0,29	1,12...0,97
	50...100	0,29...0,25	0,97...0,85
	100...150	0,25...0,21	0,86...0,80
Мідноливарні цехи	5...10	0,47...0,42	2,80...2,36
	10...20	0,42...0,29	2,36...1,86
	20...30	0,29...0,24	1,86...1,38
Термічні цехи	...10	0,47...0,35	1,52...1,40
	10...30	0,35...0,29	1,40...1,17
	30...75	0,29...0,24	1,17...0,70
Ковальські цехи	... 10	0,47...0,35	0,80...0,70
	10...50	0,35...0,29	0,70...0,58
	50...100	0,29...0,18	0,58...0,35
Механоскладальні і механічні цехи, слюсарні майстерні	5...10	0,65...0,53	0,47...0,29
	10...50	0,53...0,47	0,29...0,17
	50...100	0,47...0,44	0,17...0,14
	100...200	0,44...0,42	0,14...0,10
Деревообробні цехи	...5	0,69...0,64	0,69...0,58
	5...10	0,64...0,53	0,58...0,53
	10...50	0,53...0,47	0,53...0,47
Цехи металевих покриттів	50...100	0,45...0,42	0,61...0,53
	100...150	0,42...0,35	0,53...0,42
Цехи покриттів металами	...2	0,75...0,69	5,85...4,70
	2...5	0,69...0,64	4,70...3,45
	5...10	0,64...0,53	3,45...2,36
Ремонтні цехи	5...10	0,69...0,58	0,23...0,18
	10...20	0,58...0,53	0,18...0,12
Локомотивні депо	...5	0,81...0,75	0,47...0,35
	5...10	0,75...0,69	0,35...0,29
Поліклініки, диспансери	-	-	0,29
Дитячі ясла-сади	-	-	0,12
Школи	-	-	0,10
Адміністративні приміщення	-	-	0,21
Учбові заклади, магазини	-	-	0,12

Таблиця А4

Кількість годин стояння за опалювальний період з відповідною середньодобовою температурою зовнішнього повітря

Місто	Температура зовнішнього повітря, °С								
	< -30	-29,9...-25	-24,9...-20	-19,9...-15	-14,9...-10	-9,9...-5	-4,9...0	+0,1...+5	+5,1...+8
Вінниця	1	10	39	126	320	642	1 225	1 493	680
Дніпро	–	9	37	127	235	457	1 152	1 514	669
Донецьк	–	10	44	183	398	730	1 141	1 216	670
Запоріжжя	–	9	37	127	235	457	1 152	1 514	669
Київ	1	4	31	130	336	627	1 225	1 480	654
Кропивницький	–	10	39	134	248	483	1 219	1 600	707
Кривий Ріг	–	9	38	129	239	465	1 172	1 540	680
Луганськ	1	7	53	161	382	665	1 038	1 340	673
Львів	–	–	2	20	62	458	1 039	1 678	1 133
Миколаїв	–	–	7	54	226	460	1 050	1 509	726
Одеса	–	–	5	22	134	399	975	1 781	644
Сімферополь	–	–	3	15	87	341	846	1 364	1 136
Суми	1	10	40	130	330	662	1 263	1 542	702
Тернопіль	1	10	39	126	322	644	1 231	1 502	685
Ужгород	–	–	2	18	55	404	919	1 484	1 006
Харків	–	10	46	189	411	754	1 179	1 255	692
Черкаси	1	10	39	126	320	642	1 225	1 493	680
Чернігів	1	10	39	127	324	648	1 238	1 510	687

Таблиця А5

Основні характеристики горизонтальних пароводяних підігрівачів (ПВП)

Типорозм ір	Площа поверхні нагріву, м ²	Площа живого перерізу, м ²	Типорозм ір	Площа поверхні нагріву, м ²	Площа живого перерізу, м ²
01	9,5	0,0832	09	224,0	0,5488
02	17,2	0,0384	11	6,3	0,0832
03	24,4	0,0544	12	11,4	0,0384
04	32,0	0,072	13	16,0	0,0544
05	53,9	0,1208	14	21,2	0,072
06	76,8	0,1728	15	35,3	0,1208
07	108,0	0,2416	16	50,5	0,1728
08	140,6	0,312	17	71,0	0,2416

Норми витрати води споживачами

Водоспоживачі	Вимірювач	Норми витрати води, л					
		в середню добу		в добу найбільшого водоспоживання		в годину найбільшого водоспоживання	
		загальна (в тому числі гарячої) $q_{u,m}^{tot}$	гаряч ої $q_{u,m}^h$	загальна (в тому числі гарячої) q_u^{tot}	гаряч ої q_u^h	загальна (в тому числі гарячої) $q_{hr,u}^{tot}$	гаряч ої $q_{hr,u}^h$
1. Житлові будинки квартирного типу:							
з водопроводом і каналізацією	1 мешкан ець	95	-	120	-	6,5	-
з газопостачанням і каналізацією без ванн	“	120	-	150	-	7	-
з водопроводом, каналізацією і ваннами з водонагрівачами, що працюють на твердому паливі	“	150	-	180	-	8,1	-
з водопроводом, каналізацією і ваннами з газовими водонагрівачами	“	190	-	225	-	10,5	-
з централізованим гарячим водопостачанням, обладнанні рукомийниками, мийками й душами	1 мешкан ець	195	85	230	100	12,5	7,9
з сидячими ваннами, обладнаними душами	“	230	90	275	110	14,3	9,2
з ваннами довжиною від 1500 до 1700 мм, обладнаними душами	“	250	105	300	120	15,6	10
заввишки більше 12 поверхів з централізованим гарячим водопостачанням і підвищеними вимогами до їх благоустрою	“	360	115	400	130	20	10,9

Водоспоживачі	Вимірювач	Норми витрати води, л					
		в середню добу		в добу найбільшого водоспоживання		в годину найбільшого водоспоживання	
		загальна (в тому числі гарячої) $q_{u,m}^{tot}$	гаряч ої $q_{u,m}^h$	загальна (в тому числі гарячої) q_u^{tot}	гарячо ї q_u^h	загальна (в тому числі гарячої) $q_{hr,u}^{tot}$	гарячо ї $q_{hr,u}^h$
2. Гуртожитки:							
з загальними душовими	1 мешканець	85	50	100	60	10,4	6,3
з душами при всіх жилих кімнатах	“	110	60	120	70	12,5	8,2
з загальними кухнями і блоками душових на поверхах при жилих кімнатах в кожній секції будівлі	“	140	80	160	90	12	7,5
3. Поліклініки та амбулаторії:	1 хворий за зміну	13	5,2	15	6	2,6	1,2
4. Дитячі ясла-садки:							
з денним перебуванням дітей							
з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах	1 дитина	21,5	11,5	30	16	9,5	4,5
з їдальнями, що працюють на сировині, і пральнями з автоматичними пральними машинками	“	75	25	105	35	18	8
з цілодобовим перебуванням дітей							
з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах	“	39	21,4	55	30	10	4,5
з їдальнями, що працюють на сировині, і пральнями з пральними машинками (автомат)	“	93	28,5	130	40	18	8

Водоспоживачі	Вимірювач	Норми витрати води, л					
		в середню добу		в добу найбільшого водоспоживання		в годину найбільшого водоспоживання	
		загальна (в тому числі гарячої) $q_{u,m}^{tot}$	гарячої $q_{u,m}^h$	загальна (в тому числі гарячої) q_u^{tot}	гарячої q_u^h	загальна (в тому числі гарячої) $q_{hr,u}^{tot}$	гарячої $q_{hr,u}^h$
5. Загальноосвітні школи з душовими при гімнастичних залах і їдальнями, що працюють на напівфабрикатах	1 учень і 1 викладач	10	3	11,5	3,5	3,1	1