

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ЕСЕУ та ТЕ

Личко Б.М.

“ 12 ” 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

на тему: Реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт з
дослідженням парових котельних установок

Виконав: студент групи 6241м

Богдан А.П.
(підпис)

Керівник роботи

канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Шоповалов Ю.О.
(підпис)

Миколаїв 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Шаріш Шаріш
"5" 12 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

енту Богдан Аллі Петрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

тема роботи: Реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт з
ідженням парових котельних установок

(проект, реконструкція, модернізація енергетичної установки, інженерних систем та ін. з розробкою конструктивного елемента об'єкту)

вник роботи Шаповалов Юрій Олександрович, канд.техн.наук, доцент кафедри
У та ТЕ

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

рджені наказом ректора № _____ від " _____ " _____ 2025 року

рмін подання роботи _____

хідні дані по роботі _____

(призначення, умови експлуатації, технічні дані з потреб в енергії чи енергоносіях)

релік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

ступ (Обґрунтування актуальності теми роботи. Мета роботи. Об'єкт і предмет
ослідження)

Загальний розділ (Призначення та основні технічні характеристики котельні).

Теоретичний розділ (Теплова схема котельні до реконструкції. Опис основного
обладнання котельні до реконструкції.)

Розрахунковий розділ (Визначення витрати електроенергії на власні потреби ко-
тельні. Розробка теплової схеми котельні. Визначення параметрів енергоносіїв. Роз-
рахунок графіка тепlopостачання. Підбір обладнання котельні. Розрахунок системи
вopостачання котельної. Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів).

Дослідницький розділ. Дослідження парових котельних установок (Шляхи під-
вищення ефективності парових котлів. Розрахунок котла. Дослідження методів
підвищення економічності котлів)

Конструкторський розділ. Розробка економайзера.

аключний розділ (Висновки та заключення по роботі).

ерелік презентаційних матеріалів

Розташування котельні

Схема обладнання котельні

Теплова схема котельні

Система газопостачання котельні

Схема водопідготовчої установки

Схема котла

Дослідження парових котлів

Підвищення економічності парових котлів

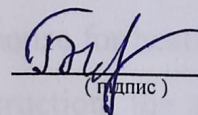
Економайзер).

ата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

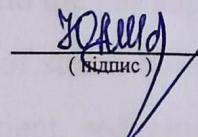
Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
Отримання завдань у керівника та консультантів	I-II	
Вступ	III	
Загальний розділ	IV	
Теоретичний розділ	V- VI	
Розрахунковий розділ	VII-X	
Дослідницький розділ	X-XII	
Конструкторський розділ	XIII-XIV	
Заключний розділ	XV	
Графічна частина	XVI	
Підпис у керівника. Розглядання роботи на кафедрі	XVII	
Захист роботи перед АК	XVIII	

Студент


(підпис)

Богдан А.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В кваліфікаційній роботі виконана реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт з дослідженням парових котельних установок.

Для підвищення ефективності роботи котельні пропонується замінити старі чавунні економайзери сталевими газощільними. В роботі надані характеристики котельні до реконструкції та пропозиції щодо використання нового обладнання. Наведено розрахунок теплового навантаження котельні на опалення, розрахунок теплової схеми котельні після реконструкції, підбір основного обладнання, розрахунок хімоводоочищення та системи газопостачання.

Досліджені шляхи підвищення ефективності парових котельних установок, вдосконалення процесів у топках, зменшення коефіцієнту надлишку повітря, зменшення теплових втрат до навколишнього середовища та зменшення температури вихлопних газів. Зроблений тепловий розрахунок котельного агрегату ДЕ-10-14, а також економайзера котельні.

Ключові слова: парова котельна установка, теплоносій, економайзер.

Abstract

The qualification work includes the reconstruction of a boiler house with a thermal capacity of 6.5 MW with a study of steam boiler plants.

To increase the efficiency of the boiler house, it is proposed to replace the old cast-iron economizers with steel gas-tight ones. The work provides the characteristics of the boiler house before reconstruction and proposals for the use of new equipment. The calculation of the heat load of the boiler house for heating, the calculation of the thermal scheme of the boiler house after reconstruction, the selection of basic equipment, the calculation of chemical water treatment and the gas supply system are presented.

Ways of increasing the efficiency of steam boiler plants, improving processes in furnaces, reducing the excess air coefficient, reducing heat losses to the environment and reducing the temperature of exhaust gases are investigated. A thermal calculation of the DE-10-14 boiler unit and the boiler house economizer is made.

Keywords: steam boiler plant, coolant, economizer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	
1.1. Призначення та основні технічні характеристики котельні	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Теплова схема котельні до реконструкції.....	
2.2. Опис основного обладнання котельні до реконструкції.....	
2.2.1. Котельні агрегати	
2.2.2. Теплопункт котельні.....	
2.2.3. Деаераційно-живильна установка.....	
2.2.4. Установка хімводоочищення (ХВО).....	
2.2.5. Конденсатна система.....	
2.2.6. Тягодуттєві машини.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	
3.1. Визначення витрати електроенергії на власні потреби котельні.....	
3.2. Розробка теплової схеми котельні	
3.3. Визначення параметрів енергоносіїв.....	
3.4. Розрахунок графіка теплопостачання.....	
3.5. Підбір обладнання котельні	
3.6. Розрахунок системи газопостачання котельної.....	
3.7. Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів.....	
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. Дослідження парових котельних установок.....	
4.1. Шляхи підвищення ефективності парових котлів.....	
4.2. Розрахунок котла.....	
4.3. Дослідження методів підвищення економічності котлів.....	

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. Розробка	
економайзера	
5.1. Вихідні данні для розрахунку економайзера	
5.2. Геометрія поверхні теплообміну.....	
5.3. Розрахунок економайзера.....	
РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ	
СПИСК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Реконструкція застарілого обладнання котельні – це комплексний процес, який може мати різні цілі та обсяги робіт.

Основними причинами для реконструкції може бути:

- підвищення енергоефективності: застаріле обладнання має низький ККД і великі втрати енергії;
- зниження експлуатаційних витрат: економія на паливі, технічному обслуговуванні та ремонтах;
- перехід на інший вид палива: наприклад, з газу на тверде паливо (біомасу) або навпаки;
- збільшення надійності та безпеки роботи: заміна зношених або потенційно небезпечних вузлів;
- впровадження автоматизації: сучасні системи управління дозволяють оптимізувати роботу котельні та зменшити вплив "людського фактору".

Варіанти реконструкції:

Комплексна модернізація (повна реконструкція):

Повна заміна старого котельного обладнання (котлів) на нове, більш ефективне.

Заміна або оновлення допоміжного обладнання (насоси, теплообмінники, димоходи).

Впровадження сучасної автоматики та систем управління.

Заміна теплоізоляції трубопроводів та обладнання.

Часткова модернізація:

Заміна окремих вузлів: пального обладнання, насосів, автоматики, арматури. Це часто дає значний техніко-економічний ефект при менших фінансових вкладеннях.

Оптимізація існуючої системи: регулювання режимів роботи, покращення теплоізоляції без заміни основного котла.

					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Комбінування: доповнення існуючого котла альтернативними джерелами тепла (наприклад, сонячними колекторами).

Аналіз роботи котельних міста Первомайськ, в якому розглядається даний проєкт з реконструкції котельні, показує, що теплогенеруюче обладнання знаходяться в незадовільному стані. Впродовж останніх років фінансування не дозволяло проводити повномасштабні ремонтні кампанії. Підприємства здійснювали свою діяльність в рамках існуючих можливостей. Систематичне зростання цін на паливо є додатковим чинником підривання економічного стану котельного господарства. В результаті отримали зношення устаткування, інженерних мереж, скорочення об'ємів вироблення тепла і електроенергії, зниження температури теплоносія і т. п. Тому реконструкція цих котельних є актуальним завданням для міста.

У мікрорайоні Фрегат м. Первомайськ знаходиться котельня, яка призначена для його тепlopостачання. Більшість району забудована дев'яти та п'ятиповерховими будинками, серед яких є магазини, аптеки, дитячі садки та банківські установи, значну територію займає військова частина.

Покращення якості системи централізованого опалення та гарячого водопостачання потребує збільшення потужності теплогенеруючого обладнання котельної та встановлення нового вискоефективного обладнання.

У роботі передбачається виконати реконструкцію котельні для підвищення паропродуктивності та ефективності її роботи.

Мета роботи:

Метою є розробка проєкту з реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт з дослідженням парових котельних установок.

Об'єкт розробки: котельня мікрорайону Фрегат м. Первомайськ Миколаївської області.

Завдання: для підвищення ефективності роботи котельні пропонується замінити чавунні економайзери ЕБ2-142 Кусінського машинобудівного заводу сучасними сталевими економайзерами з газотермічним кожухом. Завдяки заміні повинні знизитися присоси повітря у газовий тракт, що збільшить ККД бруто ко-

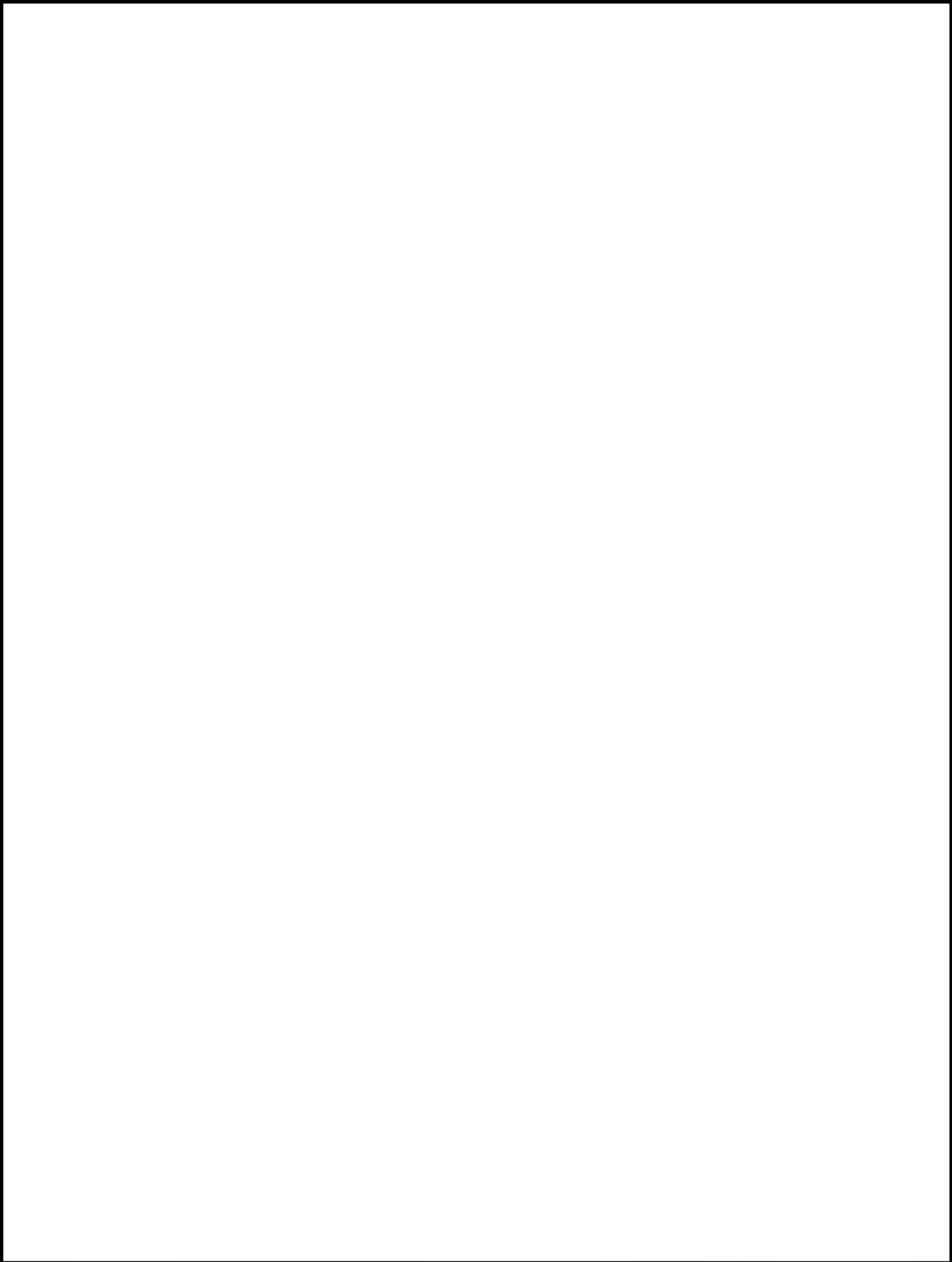
					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тла, так як знизяться витрати теплоти з вихідними газами q_2 . Крім того знизяться витрати потужності на привод димососа у зв'язку зі зменшенням витрати димових газів.

Необхідно виконати розрахунки: теплової схеми котельної; системи хімічного очищення; системи газопроводу; тепловий розрахунок котельних агрегатів типу ДЕ-10-14 для заданого палива; розрахунок економайзера.

Провести дослідження характеристик та конструкцій парових котлів з метою визначення шляхів підвищення їх ефективності.

					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					ВКР.144.6241м.01.01.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
					Загальний розділ				Літ.		Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.											
Керівник	Шаповалов ЮО											
Консульт.									НУК			

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення та основні технічні характеристики котельні

Реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт, її систем та обладнання проводиться для більш якісного забезпечення теплопостачання житлового мікрорайону міста Первомайськ Миколаївської області, а також покращення роботи тепlopункту (підігрів води на опалення), власних потреб котельні, мазутного господарства (мазут використовується як резервне паливо). Технічні характеристики котельної установки до модернізації наведені нижче.

Теплове навантаження котельні:

максимальна паропроодуктивність котельні – 18,0 т/год.;

паропостачання на технологічні потреби – 1,95 т/год.;

Вид і параметри теплоносія на виході з котельні:

насичена пара тиском 1,4 МПа (температура 180°C);

вода з температурою 90...70°C на опалення;

вода з температурою 70°C для потреб гарячого водопостачання.

Вид палива – природний газ середнього тиску 0,142 МПа з нижчою теплотою згорання 8100 ккал/м³.

Сумарна потужність споживачів електроенергії – 114,4 кВт.

ККД нетто котельної установки – 81,1%.

Кількість конденсату, що повертається - 90%.

Характеристики сирієї води:

твердість загальна – 5,0мг-екв/кг;

твердість карбонатна – 1,9мг-екв/кг;

вміст іонів натрію – 14,0 мг/кг.

Для покриття теплового навантаження в котельні встановлені два котли ДЕ-10-14 виробництва Бійського котельного заводу номінальною паропроодуктивністю 10 т/год, які працюють на природному газі.

					ВКР.144.6241м.01.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У котельні встановлені:

- тепловий пункт гарячого водопостачання;
- тепловий пункт мережевої установки;
- водопом'якшувальна установка;
- бак запасу гарячої води.

Допоміжне обладнання:

- живильні і конденсатні насоси;
- деаератор атмосферного типу;
- бак запасу хімічно очищеної води;
- конденсатний бак.

Відведення продуктів згорання від кожного котла здійснюється через металевий димар діаметром 800 мм та висотою 30 м.

Приміщення котельні одноповерхове і має розміри в плані 24,0 x 12,0 м. Висота до низу конструкцій перекриття 12 м. Приміщення котельні обладнано системами вентиляції, водопостачання, каналізації. Ступінь надійності відпущення теплоти споживачам котельні II категорії.

Основне обладнання котельні:

- два котли ДЕ-10-14;
- тепловий пункт мережевої води;
- тепловий пункт гарячого водопостачання;
- термічний деаератор атмосферного типу ДА-15;
- бак запасу гарячої води;
- установка для пом'якшення води;
- конденсатна установка (розташовані в котельній залі);
- димар і продувальний колодязь (розміщені поза будівлею котельні).

Котли встановлені на відм. 0.000; деаератор ДА-15 – на відм. 6.000; конденсатний бак на відм. 0.000, а конденсатні і живильні насоси – біля конденсатного бака.

Газопостачання котлів передбачається від газо-регулювального пункту (ГРП). Тиск газу після ГРП на вході до котельної зали приймається 1,42 кгс/см². На вводі га-

					ВКР.144.6241м.01.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зу до котельної зали встановлюються запобіжний запірний клапан і поворотна заслінка (засувка). У приміщенні котельні передбачається контроль вибухових концентрацій газу. Встановлений сигналізатор загазованості типу «Дозор-С-4-23-6150» виробництва НВП «Оріон», а також передбачене автоматичне відключення подачі газу до приміщення котельні.

Котельня повністю автоматизована і працює за допомогою обслуговуючого персоналу. У комплекті з кожним котлом поставляється шафа керування з автоматикою безпеки регулювання процесу горіння і виконує автоматичне керування і захист котла в режимах пуску, зупинки, нормальної експлуатації і в аварійних ситуаціях. Автоматика забезпечує підтримання заданих параметрів середовища у котлі, економічне спалювання палива і безпечну роботу котла шляхом припинення подачі палива до пальника при:

- підвищенні або зниженні тиску газу перед пальником;
- згасанні факела пальника;
- зменшенні розрідження в топці;
- підвищенні тиску пари на виході з котла;
- підвищенні або зниженні рівня води в котлі;
- зниженні тиску повітря перед пальником;
- несправності кіл захисту.

Передбачені:

- місцевий контроль параметрів температури, тиску, розрідження і рівня різних середовищ показниковими і сигналізуючими контрольно-вимірювальними приладами, встановленими на технологічних трубопроводах і обладнанні;
- запис температури і тиску пари для технологічних потреб, і конденсату з обладнання самописними термометрами і манометрами;
- місцевий контроль вмісту в повітрі вибухонебезпечних концентрацій метану і чадного газу сигналізатором типу «ДОЗОР»;
- вимірювання температури і об'ємної концентрації азоту і вуглекислого газу в відхідних димових газах газоаналізатором типу ОКІ-5М4;

					ВКР.144.6241м.01.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- автоматичне закриття електромагнітного клапана на газопроводі при загазованості.

Деаераційна установка і теплові пункти мережевої води, що встановлені в котельні, повністю автоматизовані.

Сигнали про порушення нормального режиму роботи котельні винесені на блок контролю і сигналізації типу БКС-04 і передбачають:

- обрив фази в трифазній мережі;
- загазованість в котельні;
- концентрація чадного газу вище за норму;
- тиск живильної води, що подається до котлів, нижче і вище за норму;
- аварія котлів;
- відхилення тиску газу від норми.

Потужність струмоприймачів складає 114,4 кВт. Живлення струмоприймачів по II категорії надійності електропостачання здійснюється від розподільного пристрою 0,4 кВ; загальне робоче і аварійне освітлення напругою ~220 В і ремонтне освітлення напругою ~12 В. Робоче освітлення приміщення виконується світильниками з лампами ДРЛ. Світильники аварійного освітлення приймаються з лампами розжарювання у вибухозахищеному виконанні.

Опалення котельні здійснюється повітряно-опалювальними агрегатами. Повітря подається до котельної зали припливними системами і нагрівається повітряно-опалювальними агрегатами АО2 до температури 12°C.

Висновки за розділом:

Реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт та її обладнання проводиться для якіснішого теплопостачання житлового мікрорайону міста Первомайськ Миколаївської області, а також для покращення роботи теплопункту (підігрів води на опалення), власних потреб котельні та мазутного господарства (мазут є резервним паливом).

					ВКР.144.6241м.01.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Теоретичний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.										
Керівник	Шаповалов ЮО										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Теплова схема котельні до реконструкції

Котельня обслуговується двома котлами ДЕ-10-14 на газоподібному паливі (резервне паливо – мазут). Котли генерують насичену пару тиском 1,4 МПа. За котлами установлені чавунні економайзери, до яких надходить живильна вода з температурою 104°C після деаератора.

Насичена пара від котлів надходить до парового колектора. Від парового колектора пара після редукційно-охолоджуючого пристрою (РОП) спрямовується до деаераційної живильної установки, а також до теплових пунктів.

Для приготування мережевої води системи опалення передбачається теплопункт мережевої води. Зворотна мережева вода поступає на фільтр, потім за допомогою мережевих насосів подається на паровий теплообмінник. Мережева установка працює за температурним графіком 90...70°C. Для приготування гарячої води з температурою 70°C передбачається теплопункт гарячого водопостачання. Так як від виробничих споживачів не повертається 20 % конденсату, живлення котлів здійснюється сумішшю конденсату й хімічно очищеної води.

Норми якості підживлювальної води приймаються на підставі інструкції з експлуатації котла або НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. Жорсткість живильної води для екранованих котлів тиском 1,4 МПа не повинна перевищувати 20 мкг-екв/кг. Пом'якшення води відбувається за допомогою водопідготовчої установки з Na-катіонуванням за одноступінчастою схемою. Сира вода після підігрівання до 30°C у паровому теплообміннику надходить до установки пом'якшення води, а хімічно очищена вода – до деаераційної колонки. Дегазація хімічно очищеної води відбувається у деаераційній колонці, вода потім збирається в деаераційному баку, звідки за допомогою живильних насосів спрямовується для живлення котлів. Для деаерації живильної води передбачена установка термічного деаератора атмосферного типу. Випар з деаератора використовується для підігріву хімічно очищеної води.

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Конденсат від виробничих споживачів прямує до конденсатного баку, звідки конденсатними насосами подається до деаератора. Передбачено безперервну продувку котлів з установкою сепараторів безперервної продувки й використання пари вторинного скипання в деаераторі, а відсепарованої води – для підігрівання хімоочищеної води. Також передбачена періодична продувка котлів. Скидання дренажних вод від котлів і баків (конденсатного і деаераційного), а також від установки пом’якшення води і бака гарячої води проводиться в продувальний колодязь.

2.2. Опис основного обладнання котельні до реконструкції

2.2.1. Котельні агрегати

Котельня обладнана двома котлами типу ДЕ-10-14. Газові парові вертикальні водотрубні котли номінальною паропродуктивністю 10 т/год призначені для виробництва насиченої пари тиском 1,4 МПа, яка використовується для технологічних потреб та опалення.

Технічні характеристики котельного агрегату ДЕ-10-14 з блочним чавунним економайзером ЕБ2-142 системи ВТІ наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики котельного агрегату ДЕ-10-14

Характеристика	Значення
Максимальна паропродуктивність, т/год	10,00
Тиск пари (надлишковий), МПа	1,4
Об’єм топки, м ³	11,21
Поверхня нагріву котла, м ² : радіаційна	39,0
конвективна	116,0
ККД брутто, %, при спалюванні газу $Q=35290 \text{ кДж/м}^3$	92,1

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристика	Значення
Витрата газу (на один котел), м ³ /год.	504
Коефіцієнт надлишку повітря (відхідні гази)	1,4

Конструктивною відмінністю таких котлів є розміщення топкової камери збоку конвективного пучка, утвореного вертикальними трубами, які розвальцьовані у верхньому і нижньому барабанах (рис. 2.1). Діаметр верхнього і нижнього барабанів становить 1000 мм, відстань між барабанами 2750 мм, для екранів і конвективного пучка застосовані труби діаметром 51×2,5мм. Довжина циліндричної частини верхнього і нижнього барабанів однакова. В передньому і задньому днищах кожного з барабанів є лазові отвори для внутрішнього огляду і очищення їх внутрішньої поверхні.

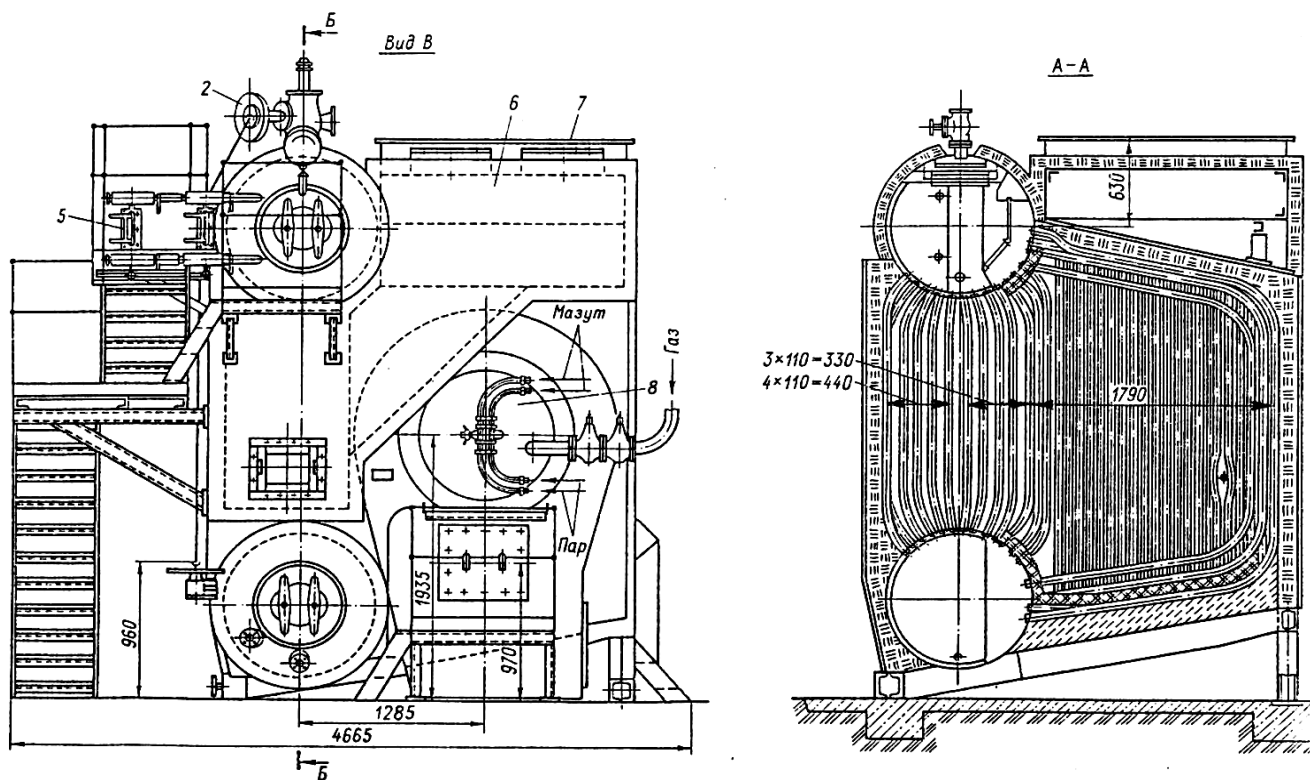


Рис.2.1 Конструкція котлів типу ДЕ-10-14

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ширина топкової камери дорівнює 1790 мм (по осям труб екранів). Середня висота топкової камери 2400 мм. Топкова камера відділяється від конвективного пучка газощільною перегородкою, утвореною з труб діаметром 51×2,5 мм, які установлені щільно з кроком 55 мм і зварені між собою. В задній частині перегородки є вікно для проходу газів до конвективного пучка. Склепіння, права бокова поверхня і під топкової камери екрановані трубами діаметром 51×2,5мм, створюючи єдиний екран з кроком труб 55 мм. Кінці труб екрану закріплені вальцюванням до верхнього і нижнього барабанів. Труби заднього екрану приєднуються зварюванням до верхнього і нижнього колекторів діаметром 159×3,5 мм. Колектори з'єднані з верхнім і нижнім барабанами і об'єднані рециркуляційною трубою розміром 76×3,5 мм, яка не обігрівається. Піддон топки закритий вогнетривкою цеглою.

Циркуляційна схема включає чотири екрани (фронтний, задній і два бокових) і конвективний пучок. Опускними трубами системи випаровування є останні за рухом газів ряди труб конвективного пучка. У водяному просторі верхнього барабана розміщені живильна труба і труба для введення фосфатів, у паровому просторі встановлені сепараційні пристрої. В нижньому барабані розташована перфорована труба для безперервної продувки котла, яка поєднана з періодичною продувкою. Нижній барабан забезпечений пристроєм для парового прогрівання води при розпалюванні і штуцерами для випускання води.

Конвективний пучок утворений вертикальними трубами діаметром 51×2,5 мм з коридорним розташуванням, які закріплені вальцюванням до верхнього і нижнього барабанів (поздовжній крок труб 90 мм, поперечний крок – 110 мм, для середньому ряду труб поперечний крок прийнятий 120 мм). Для забезпечення необхідної швидкості газів у конвективному пучку встановлені поздовжні ступінчасті перегородки.

Очищення поверхні нагріву від зовнішнього забруднення здійснюється стаціонарними обдувними пристроями, розташованими з лівого боку котла. Обдувний пристрій складається з вузла кріплення і труби з соплами, що обертається при

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

обдуванні конвективної частини котла. Обертання труби здійснюється вручну. При обдуванні використовуються насичена пара тиском не менше 0,7 МПа.

Котли мають опорну раму, яка передає усі навантаження на фундамент. Свобода температурних переміщень елементів котлів забезпечується нерухомим кріпленням передньої опори нижнього барабана і рухомим кріпленням за рахунок овальних отворів для болтів задньої опори до рами котла.

Газощільне екранування бокових стінок, склепіння і поду топкової камери дозволило відмовитись від важкої обмурівки і застосувати легку натрубну ізоляцію товщиною 100 мм, яка покладена на шар шамотобетону по сітці товщиною 25 мм. Для зменшення присосів повітря до газового траку котла трубна ізоляція зовні покривається листовою металевою обшивкою, яка зварена з каркасом котла. Застосування трубної теплової ізоляції покращує динамічні характеристики котлів, зменшує втрати до навколишнього середовища і втрати теплоти при запусках і зупинках котлів, що пов'язані з прогріванням обмурівки.

Для спалювання газу і мазуту в котлах застосовуються газомазутні пальники типу ГМГ, розраховані для роботи на газі теплотою згоряння 35500 кДж/м³ (8500 ккал/м³) або мазуту М40 і М100. Допускається одночасне спалювання газу і мазуту. Будова газомазутного пальника показана на рис. 2.2.

Для розпилу рідкого палива в пальнику застосована паро-механічна форсунка, яка забезпечує високу якість розпилу у всьому діапазоні регулювання навантаження. Форсунка складається з розпилювальної головки, стовбура, колодки, скоби із затяжним гвинтом для з'єднання парового і паливного штуцерів. Мазут, що надходить до форсунки по внутрішній трубі, підводиться через розподільну шайбу в кільцевий канал завихрювача, звідки по тангенціальних каналах потрапляє в камеру завихрення, набуваючи обертово-поступального руху, виходить з сопла і розпилюється за рахунок відцентрових сил. Розширення діапазону регулювання досягається за рахунок застосування парових завихрювачів – із зовнішньої труби через канали в накидній гайці пара поступає в канали завихрювача і закрученим потоком на виході бере участь в розпилюванні мазуту.

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

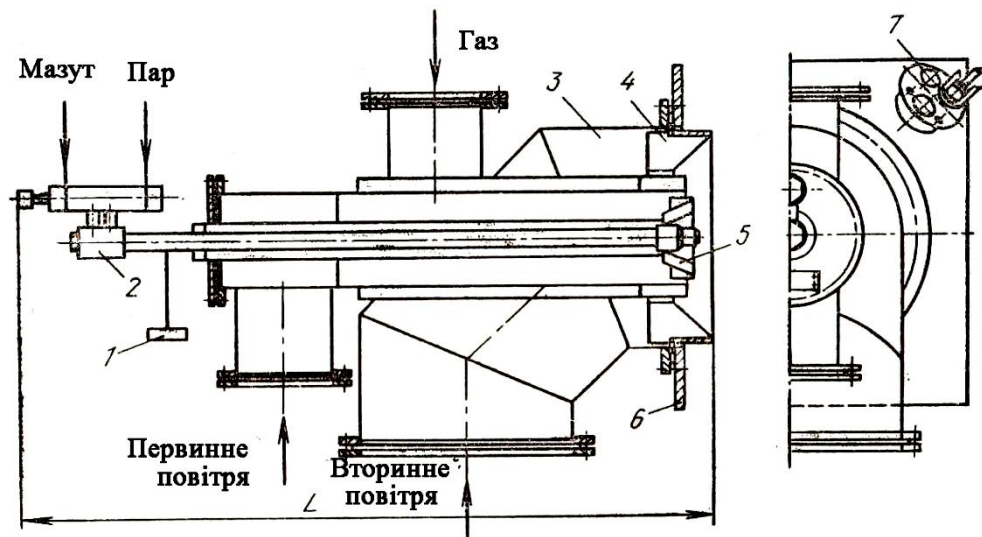


Рис. 2.2 Газомазутний пальник ГМГ

1 – заглушка; 2 – мазутна форсунка; 3 – газоповітряна частина; 4 – лопатковий завихрювач вторинного повітря; 5 – лопатковий завихрювач первинного повітря; 6 – монтажна плита; 7 – місце установки запальника

Ефективна робота форсунки на всіх режимах забезпечується при тиску розпилюючої пари 0,07...0,2 МПа, на навантаженнях вище 70% форсунка може стійко працювати і без парового розпилу.

Повітря до кореня факела (до 15% від загальної витрати) підводиться через регістр первинного повітря, де відбувається закручування потоку, що сприяє кращому перемішуванню його з паливом. Закручування потоку вторинного повітря проходить в регістрі - лопатному апараті з прямими лопатями, встановленими під кутом 45°. Регістри первинного і вторинного повітря виготовляються правого і лівого закручування. Продуктивність пальника регулюється зміною тиску мазуту або газу і відповідною зміною подачі повітря. Розпалювання пальників відбувається автоматично запальником або уручну факелом. При роботі на рідкому паливі подача первинного повітря не регулюється, при роботі на газі витрата первинного повітря регулюється пропорційно витраті газу.

Котлоагрегати комплектуються нормалізованими блочними чавунними водяними економайзерами ЕБ2-142 системи ВТІ (рис. 2.3). Такий економайзер компонується із чавунних ребристих труб довжиною 2,0 м у полегшеній обмурів-

ці з металевою обшивкою і постачається у зібраному виді транспортабельним блоком. Труби економайзера з'єднані калачами таким чином, що живильна вода проходить через них послідовно знизу вгору. Живильну воду подають до другої (за рухом газів) колонки; напрям потоку води – знизу вгору в обох колонках. Економайзер двоколонковий, між колонками якого установлена сталева перегородка.

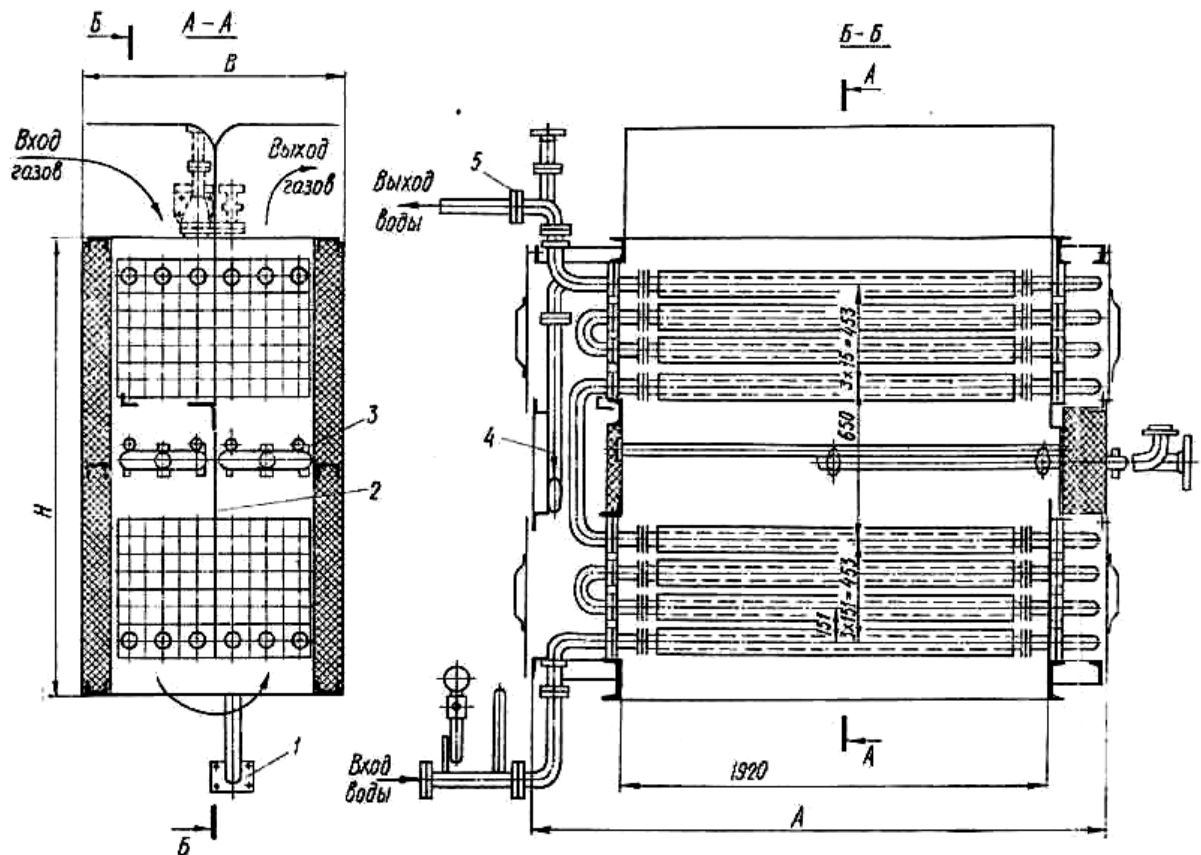


Рис. 2.3 Блочний чавунний економайзер ЕБ2-142

1 – вхідний патрубок; 2 – перегородка; 3 – обмивний пристрій;
4 – водоперепускна труба; 5 – вихідний патрубок

Бокові стінки економайзера мають подвійну обшивку, усередині якої укладають теплоізоляційні матеріали. Застосування описаної схеми руху води знизу вгору забезпечує змивання зі стінок труб пухирців повітря, які виділяються з води при її нагріванні і можуть спричинити внутрішню корозію металу труб економайзера. Швидкість води в економайзері має бути у межах 0,5...1,0 м/с. Рух води звверху вниз не допускається для запобігання виникненню гідравлічних ударів та у зв'язку з утрудненням винесення пухирчиків повітря. Продукти згоряння в еконо-

майзері доцільно спрямовувати зверху вниз для організації протитечійної схеми руху і покращення умов теплообміну.

Технічні характеристики блочного чавунного економайзера ЕБ2-142:

Поверхня нагріву, м ²	142
Кількість колонок	2
Довжина труб, мм	2000
Кількість рядів труб	15
Кількість труб у ряді	3
Габаритні розміри, мм:	
довжина x ширина x висота	2600 x 1200 x 2000
Маса, кг	5290

Температура нагрітої води на виході з чавунних економайзерів ВТІ приймається не менше ніж на 20°C нижче температури кипіння при розрахунковому тиску пари у котлі. При закипанні води можливі гідравлічні удари та руйнування чавунних труб. Температура води на вході до економайзера має бути вище точки роси димових газів не менше ніж на 10°C. Рух води і газів у двоколонковому економайзері - послідовно-змішаний. Блочні економайзери обладнуються стаціонарними обдувними апаратами.

Необхідна арматура та гарнітура постачаються у комплекті з економайзером. У верхньому газоході економайзера передбачається лаз для очищення труб, а також вибуховий клапан. Економайзери з'єднують з останнім газоходом котла металевим ізольованим коробом. Економічно вигідні швидкості димових газів у блочних економайзерах 6...8 м/с. Для багатозольних палив швидкість газів слід підвищити до 9...10 м/с через небезпеку занесення золою поверхні нагріву.

Чавунні економайзери надійні в роботі, через більшу товщину стінки труб більш довговічні, ніж сталеві, навіть при наявності зовнішньої і внутрішньої корозії труб. Тому вони набули поширення у котельних агрегатах малої потужності. Основними недоліками чавунних економайзерів є великі питомі габарити та маса, що зумовлено невисокими значеннями коефіцієнтів теплопередачі; вони дорожчі за гладкотрубні сталеві і зазнають більш інтенсивного забруднення золою. Крім

того значні присоси холодного повітря до газоходу економайзера збільшують втрату теплоти з відхідними газами та затрати енергії на димосос, а отже знижують ККД котельного агрегату та ефективність котельної установки.

2.2.2. Теплопункт котельної

Теплопункт котельної призначений для підігріву мережевої води в пароводяних підігрівачах до температури 90°C для опалювальних потреб, а також приготування гарячої води.

До складу теплопункту входять:

- два підігрівача мережевої води ПП 1-35-2-II;
- три мережеві насоси НКУ-90;
- три насоси гарячої води 2К-6;
- один підігрівач гарячої води ПП 1-6-2-II;
- трубопроводи прямої та зворотної мережевої води, трубопроводи ГВП прямий та зворотний, паропроводи, конденсатопроводи; запірні й регулююча арматура;
- КВП та прилади обліку витрати мережевої води.

Таблиця 2.2

Параметри теплопункту

Параметри	Од. виміру	Величина
Установлена теплова потужність на опалення	МВт	7,86
Номінальна теплова потужність на опалення	МВт	2,5
Номінальна витрата мережевої води	м³/год	107
Тиск мережевої води після насосів	МПа	0,58
Тиск мережевої води у зворотному трубопроводі	МПа	0,2
Температура мережевої води після підігрівачів	°C	90

Параметри	Од. виміру	Величина
Установлена теплова потужність на ГВП	МВт	0,68
Номінальна теплова потужність на ГВП	МВт	0,34
Температура нагрівальної пари	°С	120
Тиск нагрівальної пари	МПа	0,2

Паровий підігрівач мережевої води типу ПП 1-35-2-II (ОСТ 108.271.105-76) з еліптичним днищем являє собою пароводяний теплообмінник вертикального типу, основними вузлами якого є корпус, трубна система, верхня й нижня водяні камери. Корпус підігрівача складається із циліндричної обичайки, до нижньої частини якої приварене штамповане еліптичне днище, а до верхньої частини – фланець для з'єднання із трубною системою й верхньою камерою. У верхній частині корпусу розташований патрубок для підведення пари, патрубок відсасу повітря, муфти для приєднання водовказівного скла, а також патрубки для приєднання датчика регулятора рівня конденсату в корпусі. До еліптичного днища приварений фланець для приєднання патрубка виходу конденсату. Трубна система складається із двох трубних дощок, каркаса, прямих теплообмінних трубок 19х1мм, виконаних з латуні марки Л68, кінці яких розвальцьовані в трубних дошках. Каркас трубної системи має поперечні сегментні перегородки, які направляють потік пари в корпусі для поліпшення теплообміну й одночасно служать проміжними опорами для теплообмінних труб. Для запобігання руйнівної дії струменя пари на теплообмінні трубки напроти патрубка підведення пари установлений відбійний щит.

Верхня водяна камера складається із циліндричної обичайки, до верхньої частини якої приварене штамповане еліптичне днище, а до нижньої частини приварений фланець для з'єднання із трубною системою й корпусом. Водяна камера обладнана патрубками підведення й відведення мережевої води. Внутрішній простір камери розділений перегородкою, завдяки якій мережева вода робить два ходи. Нижня водяна камера складається зі штампованого еліптичного днища й фланця для з'єднання із трубною системою. У нижній частині днища є муфта для зливу води. Складання основних вузлів підігрівача здійснюється за допомогою роз-

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

німного фланцевого з'єднання, що забезпечує можливість профілактичного огляду й ремонту.

У підігрівачі мережева вода рухається по трубках, а пара у міжтрубному просторі. Гріюча пара через вхідний патрубок надходить до міжтрубного простору, де віддає теплоту мережевій воді, конденсується й стікає до нижньої частини корпусу, звідки відводиться через конденсатопровід до деаератора. Мережева вода через вхідний патрубок надходить у ліву частину верхньої водяної камери й по трубках опускається в нижню водяну камеру, з якої другим ходом по трубках, рухом нагору, надходить до правої частини верхньої водяної камери й далі до відповідного патрубка.

Таблиця 2.3

**Технічні характеристики підігрівача мережевої води типу ПП 1-35-2-П
з еліптичним днищем**

Показник	Одиниці виміру	Значення
Теплопродуктивність номінальна	МВт	3,93
Температура води: на вході	°С	70
на виході	°С	90
Площа поверхні нагріву	м ²	35,3
Витрата води номінальна	т/год.	169
Діаметр корпусу	мм	630
Кількість трубок	—	392
Довжина трубок	мм	2000
Довжина підігрівача	мм	2915
Тиск пари	МПа	0,2
Кількість ходів по воді	—	2
Переріз для проходу води	м ²	0,0302
Гідравлічний опір	МПа	0,021
Маса	кг	1290

Технічні характеристики парового підігрівача гарячої води типу ПП 1-6-2-П з еліптичним днищем наведені в табл. 2.4. Підігрівач призначений для підігріву води гарячого водопостачання до температури 70°C. Конструкція підігрівача гарячої води така, як і підігрівача мережевої води.

Таблиця 2.4

**Технічні характеристики підігрівача гарячої води типу ПП 1-6-2-П
з еліптичним днищем**

Показник	Одиниці виміру	Значення
Теплопродуктивність номінальна	МВт	0,68
Площа поверхні нагріву	м ²	6,3
Витрата води номінальна	т/год.	29,2
Діаметр корпусу	мм	325
Кількість трубок	—	68
Довжина трубок	мм	2000
Довжина підігрівача	мм	2590
Тиск пари	МПа	0,2
Кількість ходів по воді	—	2
Переріз для проходу води	м ²	0,0052
Гідравлічний опір	МПа	0,021
Маса	кг	380

Мережеві насоси відцентрові (3 шт.) типу НКУ-90 призначені для подачі мережевої води через підігрівачі на теплопостачання (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Технічні характеристики мережевого насоса НКУ-90

Показник	Одиниці виміру	Значення
Подача	м ³ /год	90
Напір	МПа	0,38

Показник	Одиниці виміру	Значення
Максимальна температура води	°С	210
Електродвигун: марка потужність	кВт	4A180S4 22
Габарити: довжина ширина висота	мм мм мм	1935 571 760
Маса агрегату	кг	680

Насоси гарячої води (2 шт.) типу 2К-6 одноступінчасті відцентрові призначені для подачі води через підігрівач на гаряче водопостачання (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Технічні характеристики насоса гарячої води 2К-6

Показник	Одиниці виміру	Значення
Подача	м ³ /год	20
Напір	МПа	0,3
Потужність	кВт	2,65
Габарити: довжина ширина висота	мм мм мм	1450 438 660
Маса агрегату	кг	310

2.2.3. Деаераційно-живильна установка

Деаераційно-живильна установка (ДЖУ) призначена для видалення розчинених газів з живильної води й подачі її на живлення котлів і підживлення тепломережі. Видалення розчинених газів з живильної води засновано на властивості газів знижувати свою розчинність при підвищенні температури води. При температурі кипіння води розчинність газів практично дорівнює нулю. Термічна деаерація живильної води є основним методом боротьби з корозією металу теплосилового устаткування. Вміст кисню (O₂) у живильній воді парових котлів за нор-

мами не повинний перевищувати 100 мкг/л, для підживлення теплових мереж – 50мкг/л, вуглекислота (CO₂) має бути відсутня.

Необхідні умови для найбільш повного видалення розчинених газів: підтримання температури в деаераторі близько до температури насичення при даному тиску; забезпечення відведення газів, що виділилися з води; дотримання принципу протитечії води, що деаерується, й пари.

Ці умови найбільш точно дотримуються в термічних деаераторах з колонками атмосферного типу.

До складу ДЖУ входять: деаератор атмосферного тиску ДА-15 – 1 шт.; охолоджувач випару ОВА-2 – 1 шт.; живильні електронасоси (ПЕН-10-16) – 4 шт.

Основні характеристики деаератора ДА-15:

тип деаератора	атмосферний, змішувальний;
номінальна продуктивність	15 т/год;
робочий тиск (абсолютний)	0,2 МПа;
температура деаерованої води	104°С;
корисна місткість бака-акумулятора	4 м ³ .

Деаератор ДА-15 (рис.2.4) складається з горизонтального бака-акумулятора діаметром 1212×6 мм і довжиною L=2800 мм з двома конічними днищами, у верхній частині якого розташована деаераційна колонка діаметром 530×6 мм і висотою H=2195 мм зі сферичним днищем.

На баку є два люки зі сходами для внутрішнього огляду. Міцність конструкції бака-акумулятора забезпечується ребрами жорсткості. У нижній частині бака є барботажний пристрій, виконаний з легованої сталі Х18Н10Т. Барботажний пристрій складається з верхнього короба, розділеного перегородками, й нижнього з барботажною решіткою у верхній частині. У решітці є один отвір діаметром 300 мм для підведення пари по трубі діаметром 250 мм й 1035 отворів діаметром 6 мм, через які пара барботується крізь воду. На барботажний пристрій, при наповненні до рівня від 70 до 80 % по верхньому водовказівному склу баках-акумуляторах, підводиться нагрівальна пара після РОП. Парогазова суміш збирається у верхній частині бака-акумулятора й направляється до деаераційної колон-

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ки. Струминне витікання пари з барботажного пристрою забезпечує ефективне перемішування пари й води, нагрівання води й виділення розчинених газів з води.

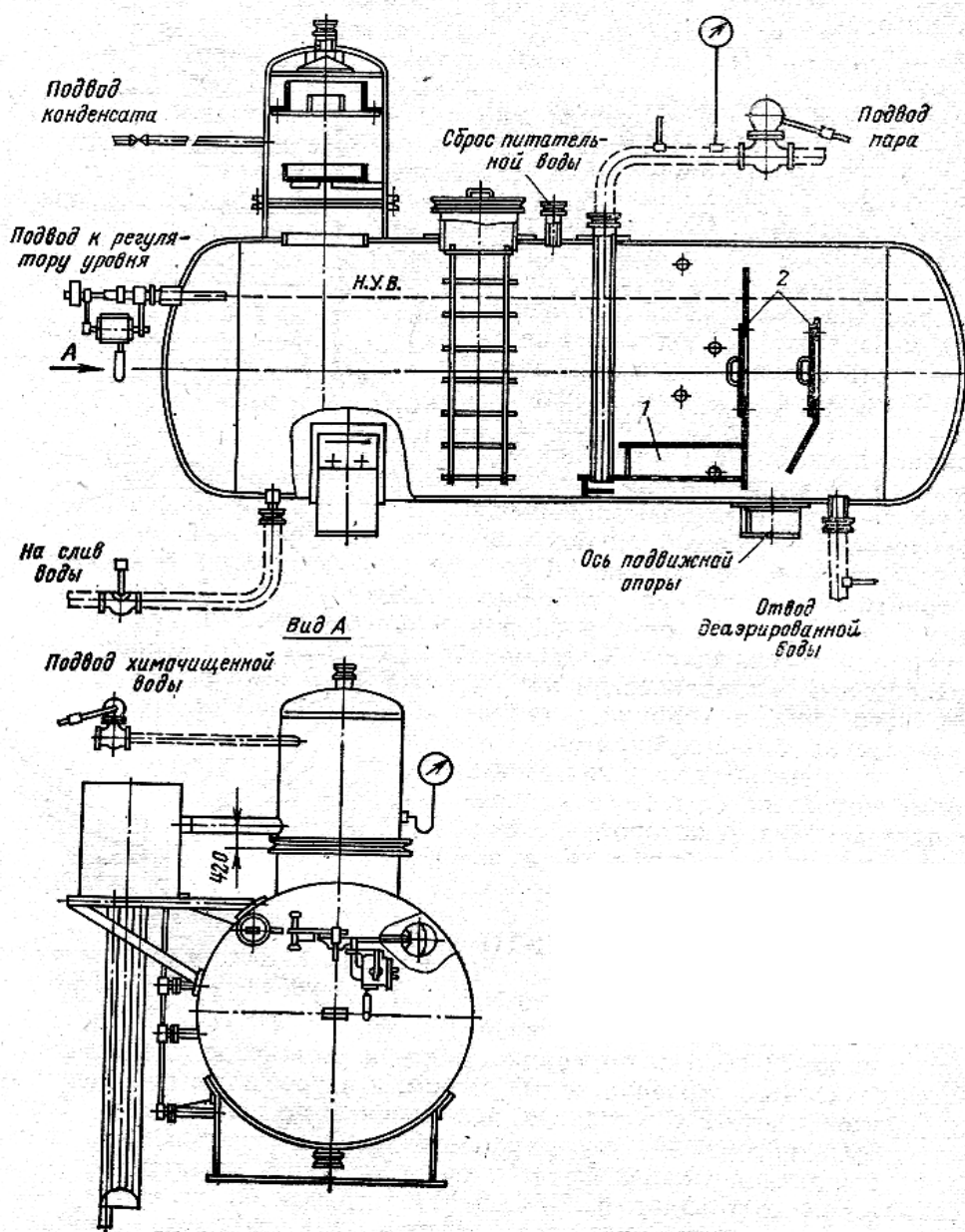


Рис. 2.4 Деаератор з колонкою та барботажним пристроєм

Деаераційна колонка у верхній частині має змішувальний лоток, верхню й нижню дірчасті тарілки з легованої сталі Х13. Верхня тарілка має центральний отвір для виходу парогазової суміші й отвори діаметром 6 мм для проходу води. Нижня тарілка центрального отвору не має. До деаераційної колонки подається хімічно очищена вода й конденсат з виробництва та підігрівачів. На переливному

лотку відбувається перемішування хімічно очищеної води й конденсатів. Через край переливного лотка вода у вигляді плівки перетікає на верхню дірчасту тарілку. Струмені води, що стікають з тарілок у деаераційний бак, протитечією змішуються з потоком парогазової суміші, відбувається виділення газів із потоку рідини. У верхній частині сферичного днища колонки є штуцер для відводу парогазової суміші.

Для захисту деаератора від перевищення допустимого тиску є гідрозатвор, який працює: при збільшенні тиску вище допустимого відбувається видавлювання стовпа рідини з гідрозатвору й деаератор з'єднується з атмосферою. Заповнення гідрозатвору можливе з бака-акумулятора або з трубопроводу хімічно очищеної води. Для регулювання тиску пари в корпусі деаератора і підтримки температури 104°C на паропроводі установлений клапан-регулятор. Деаератор установлений на двох каткових опорах з метою забезпечення вільного переміщення при температурних розширеннях і захищений тепловою ізоляцією товщиною 80мм.

Підживлення деаератора здійснюється:

- хімічно очищеною водою з установки ХВО по трубопроводу діаметром 57×3мм;

- конденсатом після підігрівачів мережевої та гарячої води по трубопроводу діаметром 57×3мм;

- конденсатом після підігрівача сирової води ХВО по трубопроводу діаметром 38×2мм;

- конденсатом із супутників мазутного господарства по трубопроводу діаметром 57×3мм;

- конденсатом з виробництва 108×3мм.

З нижньої частини бака-акумулятора деаерована вода з температурою 104°C надходить на всмоктування живильних насосів.

Основні характеристики живильного електронасоса ПЕН-10-24:

тип – багатоступінчастий відцентровий горизонтальний;

кількість 4 шт.;

продуктивність 10 м³/год;

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

напір	2,4 МПа;
кількість обертів	2950 об./хв;
потужність	9 кВт;
маса	500 кг.

Корпус насоса складається з секцій напрямних апаратів і кришок, стягнутих шпильками. Всі стики секцій ущільнені гумовими шнурами діаметром 6мм. У корпусі розташований ротор насоса, що складає з восьми робочих коліс. Опорами ротора служать два радіальних сферичних підшипники, які установлені ковзною посадкою на кронштейнах, що дозволяє переміщатися ротору в осьовому напрямку. На валу підшипники кріпляться жорстко, місця виходу вала з корпусу підшипників ущільнюються манжетами. Для попередження попадання води в корпус підшипників установлені відбійні кільця. Охолодження підшипників здійснюється технічною водою.

Деаератор ДА-15 обладнаний охолоджувачем випару типу ОВА-2, який призначений для підігріву хімічно очищеної води перед її надходженням до деаератора. Технічні характеристики охолоджувача випару наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Технічні характеристики охолоджувача випару ОВА-2

Показник	Одиниці виміру	Значення
Поверхня охолоджувача випару	м ²	2
Загальна довжина	мм	1200
Діаметр і товщина труби корпусу	мм	325×6
Загальна висота	мм	562
Висота до центральної вісі	мм	294
Кількість ходів	—	6
Маса охолоджувача:		
сухого	кг	218
з водою	кг	350

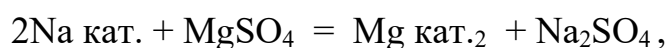
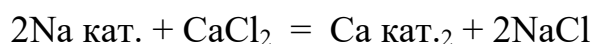
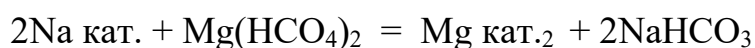
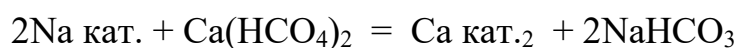
2.2.4. Установка хімводоочищення (ХВО)

У зв'язку з тим, що 20% конденсату втрачається (не повертається від технологічних споживачів), живлення котлів передбачається сумішшю конденсату і хімочищеної води. Згідно норм якості живильної води жорсткість живильної води для екранованих котлів тиском 1,4 МПа не повинна перевищувати 20мкг-екв/кг. Отже в котельні встановлюється установка для пом'якшення води, яка виконана за одноступінчатою схемою Na-катіонування. Продуктивність установки ХВО 4,02м³/год. Живлення установки ХВО здійснюється водою з водопроводу.

В якості фільтрувального матеріалу на установках хімводоочищення для обробки води застосовуються іонообмінні смоли (іоніти). Іоніти являють собою високомолекулярні полімерні сполуки тривимірної гелієвої і макропористої структури, що містять у собі функціональні групи основного або кислотного характеру. Залежно від змісту функціональних груп (кислотний або основний) і напрямку протікання реакції обміну (катіонна або аніонна) іоніти підрозділяються на аніоніти й катіоніти.

Обробка води шляхом Na-катіонування полягає у фільтруванні її через шар катіоніту, що містить обмінні катіони натрію. Катіонуванням називається процес обміну катіонів між речовинами, розчинними у воді, й твердою нерозчинною речовиною, яка занурена у цю воду й називається катіонітом. При фільтруванні твердої води через шар натрій-катіоніту відбувається обмін катіонів натрію (Na) на катіони кальцію (Ca) і магнію (Mg).

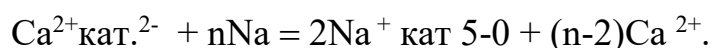
Процес протікає за такими реакціями:



де кат. – складний комплекс катіоніту, нерозчинний у воді, що виконує роль багатовалентного аніоніту.

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При Na-катіонуванні змінюється тільки катіонний склад оброблюваної води. Присутні в ній аніони HCO_3^- , SO_4^{4-} , Cl^{5-} , NO_3^- переходять у пом'якшену воду. Отже, лужність не зменшується, що є недоліком Na-катіонного процесу. Відбувається більш-менш повна заміна катіонів Ca^{2+} й Mg^{2+} натрієм (Na), внаслідок чого твердість води знижується до 10...15мкг-екв /кг, сухий залишок трохи зростає. Після заміни всіх обмінних катіонів Na катіонами Ca й Mg катіоніт виснажується, втрачає здатність пом'якшувати воду й підлягає регенерації. Процеси іонного обміну оборотні, тому при високій концентрації іонів Na у розчині, реакція йде у зворотному напрямку.



Цей процес використовується для регенерації відпрацьованого катіоніту шляхом витиснення з нього раніше поглинених іонів Ca^{2+} й Mg^{2+} концентрованим розчином NaCl.

До установки ХВО входять паровий підігрівач сирі води, Na-катіонітові фільтри, насоси хімічищеної води, насоси розчину солі, насоси розпушення фільтрів, солерозчинники й бакове господарство, трубопроводи й арматури.

Паровий підігрівач сирі води призначений для попереднього підігріву води, що подається на Na-катіонітові фільтри. Підігрів води до температури від 30 до 40°C підвищує ефективність процесу зм'якшення. Конструкція підігрівача сирі води така, як підігрівача гарячої води, а його технічні характеристики наведені в табл. 2.4.

Установка ХВО включає два Na-катіонітові фільтр типу ФІПа1-0,7-0,6-Na (рис. 2.5,а). Діаметр фільтра 700 мм, а висота – 3320 мм. Na-катіонітовий фільтр складається з корпусу, нижнього й верхнього розподільного пристрою, трубопроводів і запірної арматури, пробовідбірною пристрою й фільтруючого завантаження. Корпус фільтра циліндричний, зварений, товщиною 8мм із привареними еліптичними днищами. Він обладнаний двома лазами: верхнім еліптичним, розміром 420×320 мм і нижнім, круглим, діаметром 450 мм. На рівні нижнього розподільного пристрою в корпусі фільтра є штуцер діаметром 80 мм для гідравлічного вивантаження фільтруючого матеріалу. Верхній розподільний пристрій призначе-

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ний для підведення оброблюваної води, регенераційного розчину й збору розпушувальної води. Він складається із заглушеного знизу вертикального колектора з отворами, у які радіально вставлені розподільні труби. Розподільні труби мають отвори, розташовані в шаховому порядку у два ряди на кожній трубі. Нижній розподільний пристрій призначений для рівномірного збору фільтрату, регенераційного розчину й розподілу розпушувальної води. Він являє собою колектор діаметром 80 мм із розподільними трубами діаметром 35×5 мм, до яких приварюються штуцера, на які нагвинчуються щілинні ковпачки загальною кількістю 40 штук. Нижнє днище фільтра під розподільним пристроєм залите бетоном. Трубопроводи й запірна арматури розташовані по фронті фільтра й дозволяють робити всі необхідні перемикання потоків води й регенераційного розчину. Пробовідбірний пристрій розміщений по фронті фільтра й складається із трубок, з'єднаних із трубопроводами, що підводять воду. Кожний фільтр обладнаний витратомірною діафрагмою камерного типу для вимірювання витрати води. У якості катіоніту застосовують сульфовугілля, що представляє собою роздрібнений і розсіяний по фракціях антрацит, оброблений сірчаною кислотою, а потім повареною сіллю.

Катіоніт у процесі роботи виснажується по ходу води, так що виникають три горизонтальні зони: виснаженого, працюючого й свіжого катіоніту. По мірі роботи фільтра шар виснаженого катіоніту потовщується, зона працюючого катіоніту опускається, а шар свіжого катіоніту стає усе більше тонким, поки не зникає зовсім. Поки є зона свіжого катіоніту, фільтр видає пом'якшену воду зі стабільною залишковою твердістю. Коли зона свіжого катіоніту зникає, стабільний період роботи фільтра закінчується, і він починає видавати усе більш тверду воду. У момент повного виснаження зони свіжого катіоніту твердість води після фільтру стає рівній твердості початкової води. Для відновлення здатності пом'якшувати воду катіоніт піддають регенерації, відключаючи фільтр і пропускаючи через нього водний розчин речовини-регенератора – солі NaCl. Регенерація відновлює реактивну здатність катіоніту, і завантажений у фільтр катіоніт може прослужити кілька років. Розчин для регенерації катіоніту одержують у солерозчинниках.

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

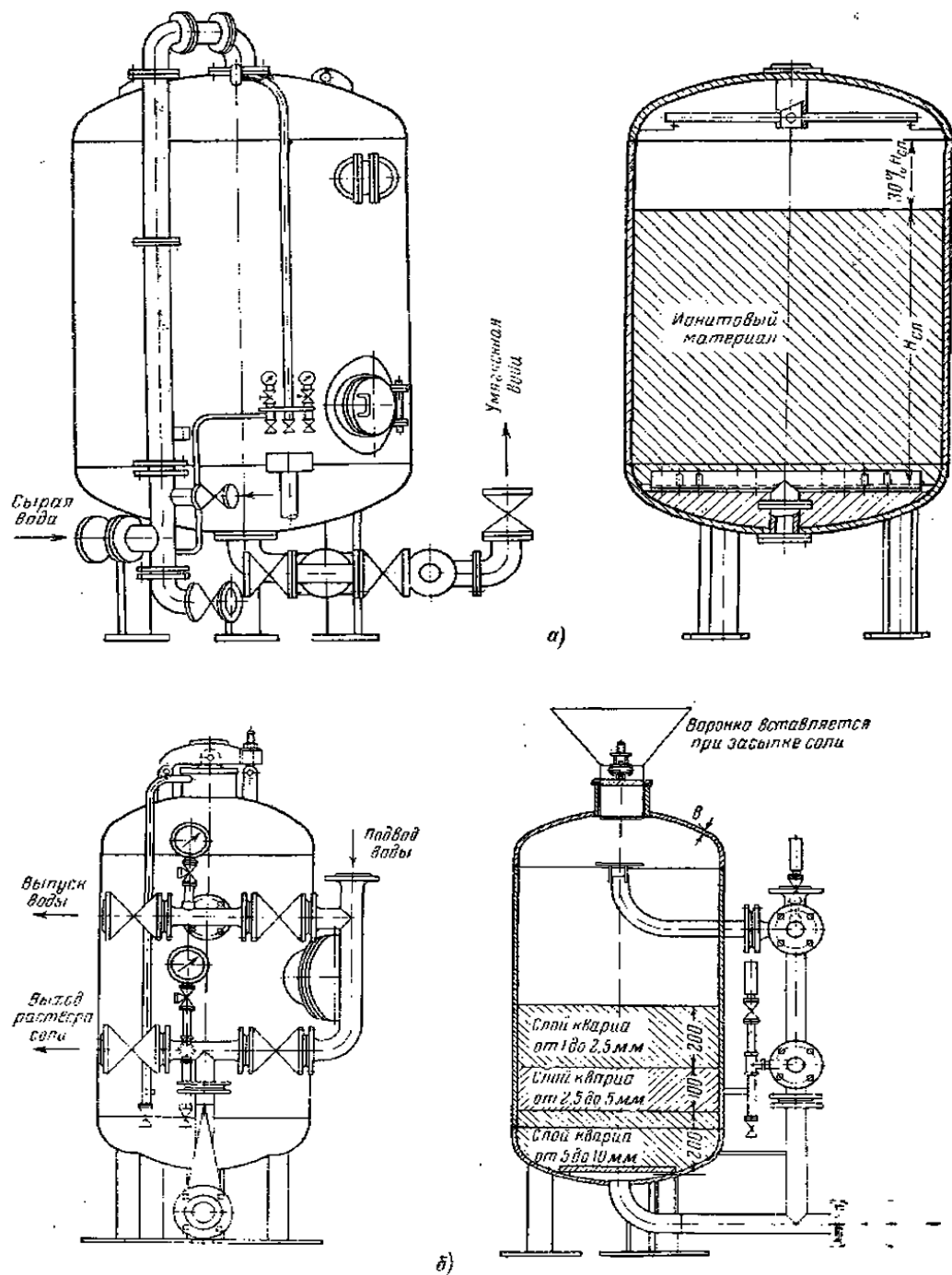


Рис. 2.5 Конструкція Na-катіонітового фільтра і солерозчинника
а – фільтр; б – солерозчинник

Солерозчинник типу С-0,125-0,4 (рис. 2.5,б) представляє собою циліндричну зварену сталеву посудину діаметром 426 і висотою 1366мм, у який завантажують кілька шарів кварцу різної крупності. Реагент подається в солерозчинник через люк, що щільно закривається, а вода – через клапан і трубу. Розчинений ре-

агент фільтрується через шар кварцу, надходить у дренажний пристрій, а потім по трубі виводиться із солерозчинника й подається до катіонітового фільтру по трубопроводу. Для періодичного промивання кварцу передбачають подачу води з відведенням її в дренаж.

Для промивання й розпушення Na-катіонітових фільтрів використовуються насоси розпушення фільтрів типу ЗК-9 (2 шт.). Подача насоса 45м³/год., напір 30м вод. ст., ККД 70 %, потужністю 5,4 кВт, кількість обертів 2900 об./хв.

Для перекачування розчину солі на регенерацію фільтрів застосовані насоси типу Х8/30К-2Г (2 шт.) – хімічні, горизонтальні, консольні з безпосереднім приводом через пружну муфту. Такі насоси призначені для перекачування хімічно активних і нейтральних рідин густиною до 1850кг/м³, температурою від -40 до +90°С з вмістом твердих включень об'ємною концентрацією не більше 0,1%, розміром не більше 0,2 мм. Продуктивність насоса 8м³/год, напір 30м.вод.ст., ККД не менш 43%, частота обертання 2900об./хв. Тип двигуна В-100S2В3, потужність 4кВт, напруга 380В. Насос і двигун установлюються на спільній фундаментній плиті. Всмоктувальний патрубок насоса розташований горизонтально уздовж осі насоса, напірний – вертикально догори. Вал насоса обертається у двох підшипниках та має подвійне торцеве ущільнення. Деталі проточної частини насоса виготовлені з високоякісних нержавіючих сталей 10Х18Н12М8ТЛ й 12Х18Н9Т, кронштейн і плита з чавуну марки СЧ-18-36.

Для хімоочищеної води застосовані насоси типу 1,5 К-8 (3шт.) - відцентрові, консольні, одноступінчасті з горизонтальним осьовим підведенням води й призначені для подачі води й неагресивних рідин зі схожою з водою в'язкістю з температурою до 85°С. Насоси призначені для перекачування хімоочищеної води в деаератор із баків запасу хімоочищеної води. Продуктивність насоса 8 м³/год, напір становить 19м вод. ст., число оборотів 2900 об/хв. Споживана потужність - 0,8кВт, ККД - 63 %, маса насоса - 103кг.

Бакове господарство включає сталевий резервуар для зберігання запасу хімоочищеної води об'ємом 6м³. Бак має два люки для проведення огляду та ремонту – верхній і бічний діаметром 800мм. Зовні бак вкритий тепловою ізоляцією.

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Усередині баку установлений протекторний захист від електрохімічної корозії й нанесене антикорозійне покриття. Бак має дренажну засувку діаметром 80мм і переливний трубопровід діаметром 108мм.

Для підігріву хімічищеної води відсепарованою у сепараторі безперервного продування водою встановлено водо-водяний теплообмінник, технічні характеристики якого наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Технічні характеристики підігрівача хімічно очищеної води

Показник	Одиниці виміру	Значення
Параметри гріючої води:		
тиск	МПа	0,12
температура на вході	°С	104
температура на виході	°С	60
Параметри води, що нагрівається:		
тиск	МПа	0,8
на вході	°С	40
на виході	°С	48
Площа поверхні нагріву	м ²	1,6
Витрата води на розрахунковому режимі:		
гріючої	т/год.	2,5
що нагрівається	т/год.	10
Кількість трубок	—	40
Розмір трубки:		
діаметр	мм	16
довжина	мм	1700
Кількість ходів	—	4
Маса з водою	кг	197

Теплообмінник представляє собою горизонтальний апарат жорсткої конструкції, основними вузлами якої є корпус з трубним пучком і дві розподільчі камери для води. Корпус виконаний з прокату або катаної труби (сталь 20). Торці корпусу зварені з трубними решітками. У корпусі встановлені горизонтальні і вертикальні перегородки, які розміщені між передньою і задньою трубними решітками і утворюють чотири ходи води у між трубному просторі. Трубний пучок складається з прямих латунних трубок (латунь ЛО-70-1). Кінці трубок розвальцьовані у трубних

дошках. Розподільні камери складаються з еліптичного і плоского днищ, обичайки, плоского фланцю і перегородок.

Камери закріплені болтами до трубної решітки. Передня опора апарату нерухома і закріплена фундаментними болтами, задня опора має уздовж поздовжньої вісі апарату овальні отвори для компенсації теплових розширень. Схема руху теплоносіїв протитечійна. Гріюча вода (з сепаратора безперервного продування) надходить до корпусу, омиває зовнішню поверхню трубок, віддаючи теплоту води, що нагрівається.

Для видалення стоків із дренажного приямка котельні встановлений дренажний насос НЦС-3 продуктивністю 36м³/год, напір 15,5м вод. ст., з електроприводом типу АТ2-32-2, потужністю 4 кВт (2 шт.). Насос НЦС-3 – відцентровий, самовсмоктувальний, одноступінчастий, однобічного входу. Корпус насоса має спіральну й напірну камери, з'єднані між собою отворами, через які відбувається циркуляція рідини, а в момент всмоктування – повітряно-водяної суміші. Насос заповнюється водою через отвір у верхній частині корпусу, вал насоса встановлений на двох радіальних шарикопідшипниках.

2.2.5. Конденсатна система

Конденсатна система призначена для збору конденсату, який надходить з виробництва, та подачі його до деаератора.

Таблиця 2.9

Технічні характеристики конденсатного насоса Кс-12-50

Показник	Одиниці виміру	Значення
Подача	м ³ /год	12
Напір	МПа	0,5
Потужність	кВт	5,5
Габарити:		
довжина	мм	1400
ширина	мм	410
висота	мм	850
Маса агрегату	кг	305

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

До складу конденсатної системи входять конденсатний бак об'ємом 7м³, конденсатні насоси, трубопроводи та арматура. Конденсатні насоси (2шт.) типу Кс-12-50 одноступінчасті відцентрові призначені для подачі води з конденсатного баку до деаератора (табл. 2.9).

2.2.6. Тягодуттьові машини

Повітря на горіння подається дуттьовими вентиляторами (2 шт.). Дуттьовий вентилятор ВДН-9 – відцентровий, одноступінчатий (рис. 2.6). Дуттьовий вентилятор складається з корпусу у вигляді завитка, робочого колеса й напрямного апарата.

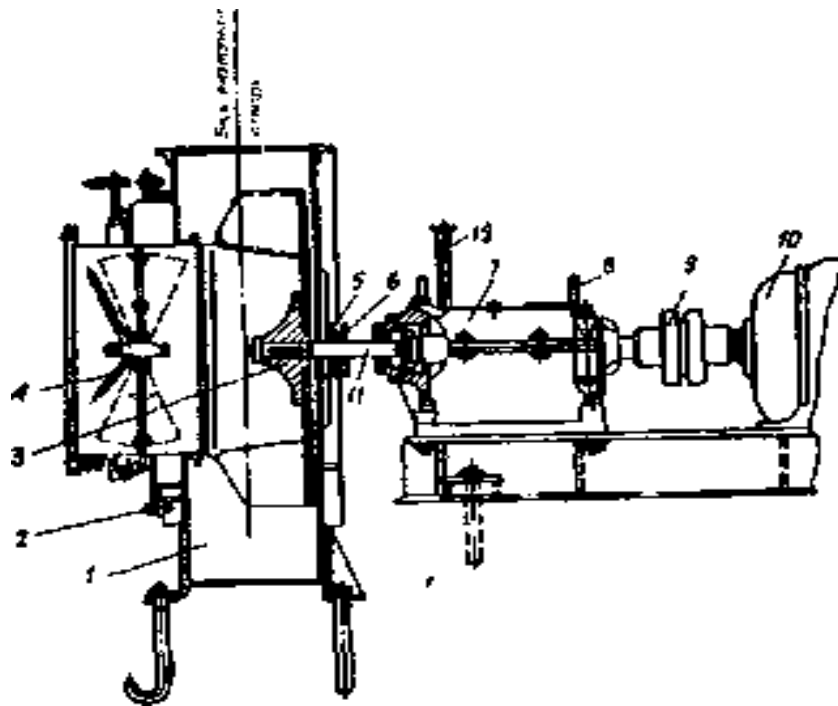


Рис. 2.6 Дуттьовий вентилятор

1 – завиток; 2 – прокладка; 3 – робоче колесо; 4 – напрямний апарат;
5, 6 – сальники; 7 – ходова частина; 8 – рим-болт; 9 – муфта; 10 – електродвигун;
11 – вал; 12 – термометр; 13 – вказівник рівня масла

Робоче колесо складається з диска, по окружності якого приварені або приклепані лопатки. Диск насаджений на втулку, що проходить через вал. При обертанні робочого колеса повітря з вулиці (влітку) або з приміщення котельні (взимку) через повітропровід захоплюється лопатками, відкидається відцентро-

вою силою до їхніх країв і тиском, що створюється, нагнітається в повітропровід і далі в топку котлу. У центрі робочого колеса створюється розрідження, куди безперервно надходить зовнішнє повітря.

Для видалення димових газів з топок котлів та забезпечення необхідного розрідження у топці (30Па) встановлені димососи. Димосос ДН-9 (2 шт.) – відцентровий, одноступінчатий. Кількість лопаток робочого колеса – 32; частота обертання – 1500хв^{-1} ; продуктивність – $14800\text{ м}^3/\text{год}$. Складається з тих же частин що й дуттьовий вентилятор. Димососи встановлені між економайзерами котлів та димовою трубою. За конструкцією лопатки та корпус димососу зроблені з більш міцного матеріалу у порівнянні з дуттьовими вентиляторами.

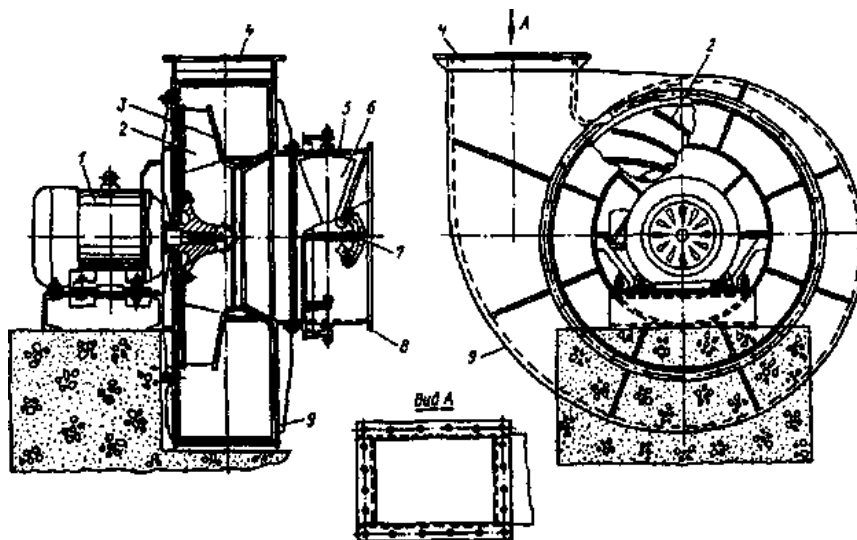


Рис. 2.7 Димосос

1 – електродвигун; 2 – робочі лопатки; 3 – робоче колесо; 4 – фланець відвідного патрубку; 5 – напрямний апарат; 6 – лопатки напрямного апарата; 7 – приводна рукоятка повороту лопаток напрямного апарата; 8 – фланець всмоктувального патрубку; 9 – завиток

Під час експлуатації, коли потрібно збільшити або зменшити кількість повітря або тягу, використовується напрямний апарат, встановлений на всмоктувальному патрубку димососа або дуттьового вентилятора. Направний апарат складається з обичайки та регулюючих лопаток. За допомогою спеціального механізму лопатки повертаються на однаковий кут й у такий спосіб плавно регулюють подачу повітря або тягу.

Вентилятор (рис.2.6) і димосос (рис. 2.7) складаються з наступних вузлів: електропривода, ходової частини, робочого колеса, завитка, напрямного апарата. Як електропривод використовуються асинхронні електродвигуни, змонтовані на спільній рамі з ходовою частиною й з'єднані з нею через кільцеву муфту.

За місцем розташування електродвигунів димососа й вентилятора є кнопка для аварійної зупинки. Ходова частина призначена для передачі обертового моменту від електродвигуна до робочого колеса і складається з литого корпусу, валу, двох підшипників й еластичної муфти. У корпусі ходової частини передбачена порожнина, що заповнюється маслом. Робочі колеса тягодуттьових машин зварної конструкції. Основні технічні характеристики димососів і дуттьових вентиляторів, які встановлені на котельні, наведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Технічні характеристики димососів і дуттьових вентиляторів

Технічні характеристики	Найменування пристрою	
	Димосос	Дуттьовий вентилятор
Марка	ДН-9	ВДН-9
Тип пристрою	відцентровий	відцентровий
Напір, кПа	1,78	2,78
Подача, м ³ /год.	14,65×10 ³	14,65×10 ³
ККД, %	83	83
Діаметр робочого колеса, мм	900	900
Температура середовища, °С	не більше 250	не більше 80
Тип електродвигуна	4А-160S6	4А-160S6
Напруга, В	380	380
Потужність, кВт	11	11
Кількість обертів, об./хв.	1000	1000
Маса (без електродвигуна), кг	536	466
Спосіб регулювання	осьовий напрямний апарат	осьовий напрямний апарат

Відведення димових газів від котлів здійснюється в димар висотою 30м. Висота димової труби забезпечує розсіювання шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери нижче гранично допустимих концентрацій.

Висновки за розділом

В розділі докладно характеризується існуюча теплова схема та обладнання котельні, які є типовими для агрегатів малої потужності, підкреслені як конструктивні переваги (легка ізоляція, довговічність чавунних економайзерів), так і потенційні проблеми (присоси повітря в економайзері, необхідність хімічної обробки води).

					ВКР.144.6241м.01.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Розрахунковий розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.										
Керівник	Шаповалов ЮО								НУК		
Консульт.											

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Визначення витрати електроенергії на власні потреби котельні

Котельня споживає електроенергію на власні потреби: привод допоміжних механізмів (живильні, мережеві, конденсатні насоси і т. д.), дуття, вентиляцію, освітлення, водоочищення, автоматику й інших потреби. У таблиці 3.1 наведені дані по основним споживачам електроенергії котельної установки.

Таблиця 3.1

Основні споживачі електроенергії котельної

Найменування споживача	Номинальні дані			Споживана потужність, кВт		
	Кіль-ть, i	N_i	N_{Σ}	K_z	K_0	$N_{сп}$
Насоси живильні	4	9	36	0,7	0,5	12,6
Насоси мережеві	3	22	66	0,59	0,67	26,1
Насоси гарячої води	2	2,65	5,3	0,75	0,5	1,97
Насоси хімічищеної води	3	0,8	2,4	1,0	0,33	0,8
Насоси розпушення фільтрів	2	5,4	10,8	1,0	0,5	5,4
Насоси розчину солі	2	4,0	8	1,0	0,5	4,0
Насоси дренажні	2	4,0	8	1,0	0,5	4,0
Насоси конденсатні	2	5,5	11	0,6	0,5	3,3
Димосос ДН-9	2	11	22	1,0	1,0	22,0
Дуттьовий вентилятор ВДН-9	2	11	22	1,0	1,0	22,0
Освітлення та САР						10
Всього						112,2

3.2. Розробка теплової схеми котельні

Котельня оснащена двома котлами ДЕ-10-14, які працюють на природному газі з можливістю використання мазуту як резервного палива. Котли генерують насичену пару з тиском 1,4 МПа.

Насичена пара з котлів надходить у паровий колектор.

Пара використовується для таких потреб: деаераційно-живильна установка та тепlopункти (після проходження через редуційно-охолоджуючий пристрій (РОП)).

Принципова тепла схема характеризує сутність основного технологічного процесу перетворення енергії й використання в установці теплоти робочого тіла. Вона являє собою умовне графічне зображення основного й допоміжного устаткування, об'єднаного лініями трубопроводів робочого тіла відповідно до послідовності його руху в установці.

Основною метою розрахунку теплової схеми котельні є:

- визначення загальних теплових навантажень, що складаються із зовнішніх навантажень і витрат тепла на власні потреби, і розподілом цих навантажень між водогрійною й паровою частинами котельні для обґрунтування вибору основного устаткування;

- визначення всіх теплових і масових потоків, необхідних для вибору допоміжного устаткування й визначення діаметрів трубопроводів і арматури;

- визначення вихідних даних для подальших техніко-економічних розрахунків (річних виробітків тепла, річних витрат палива й ін.).

Розрахунок теплової схеми дозволяє визначити сумарну теплопродуктивність котельної установки.

Приймаємо схему з установлених трьох котлів (два працюють у системі опалення і вентиляції, а один на нестатки гарячого водопостачання). В опалювальний період експлуатуються всі котлі, у літню пору – один.

Теплова схема котельні наведена на кресленні.

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.3. Визначення параметрів енергоносіїв

3.3.1. Розрахунок графіку температур у зовнішніх мережах

Графік температур у зовнішніх мережах — це залежність температури теплоносія (води) в подавальному та зворотному трубопроводах від температури назовнішнього повітря, яка регулює подачу тепла для опалення приміщень.

Температура води в трубопроводі, що подається:

$$\tau_1 = t_{\text{вн}} + (\tau_{\text{ср}} - t_{\text{вн}}) (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}})^{0,76} + (\tau_1 - \tau_{\text{пр}}) (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}),$$

де $t_{\text{вн}}$ — внутрішня температура в приміщеннях (приймаємо 20 °C);

$t_{\text{но}}$ — розрахункова температура зовнішнього повітря;

$t_{\text{н}}$ — поточна температура зовнішнього повітря;

$\tau_{\text{пр}}$ — середня температура нагрівальних приладів.

$$\tau_{\text{ср}} = (\tau_1 + \tau_{10}) / 2,$$

де τ_1 — температура води у трубопроводі, що подається;

τ_{10} — температура води у зворотному трубопроводі.

$$\tau_{\text{ср}} = (95 + 70) / 2 = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура води у зворотному трубопроводі при $t_{\text{н}}$ визначається як

$$\tau_{20} = \tau_1 - \Delta\tau (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}),$$

де $\Delta\tau$ — різниця температур у мережі $\Delta\tau = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Результати розрахунку зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок температур у зовнішніх мережах

Величина	Температура при $t_{\text{н}}$, °C							
	-32	-20	-10	-5	0	5	15	18
τ_{20}	115	95	77	68	59,2	50,4	32,2	30
τ_{10}	-81	70	58,5	53	47,5	42	31	30

Результати розрахунку представлені на графіку (рис. 3.1).

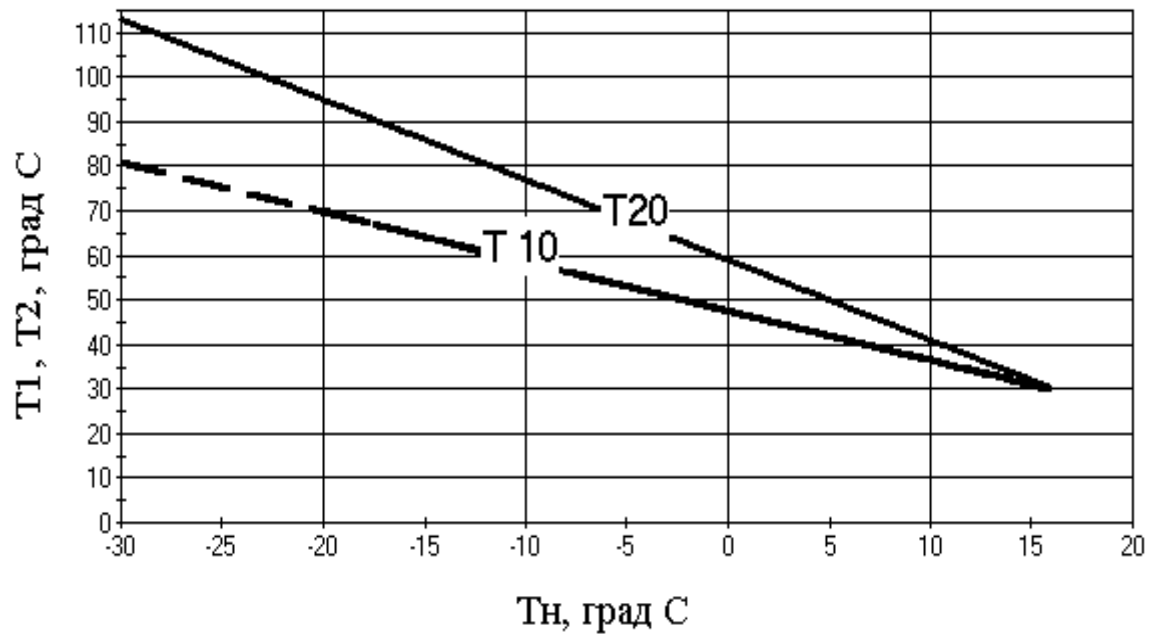


Рис. 3.1 Графік температур у зовнішніх мережах

3.4. Розрахунок графіка теплопостачання

Розрахунок теплових навантажень на режимах, відмінних від розрахункових

$$Q_{от}^i = Q_{от}^p (t_{вн} - t_{н}) / (t_{вн} - t_{но}),$$

де $Q_{от}^p$ - розрахункове навантаження.

Літнє теплове навантаження системи гарячого водопостачання

$$Q_{ГВС}^л = 0,655 \cdot Q_{ГВП}^з,$$

де $Q_{ГВП}^з$ – зимове теплове навантаження.

Результати розрахунку зведені в таблицю 3.3.

Розрахунок теплових навантажень

Температура $t_n, ^\circ\text{C}$	Теплове навантаження t_n , МВт				
	$Q_{от}$	$Q_{гвс}$	$\Sigma Q = Q_{от} + Q_{гвс}$	$Q_{пот}=0,05 \Sigma Q$	$Q_{тс} = \Sigma Q + Q_{от}$
-20	4,83	2,17	7,000	0,350	7,350
-10	3,625	2,17	5,795	0,290	6,085
-5	3,020	2,17	5,190	0,260	5,450
0	2,42	2,17	4,585	0,230	4,815
5	1,81	2,17	3,980	0,200	4,180
15	0,605	2,17	2,775	0,140	2,195
Літо	—	1,42	1,420	0,070	1,490

Графік теплопостачання представлено на рис. 3.2.

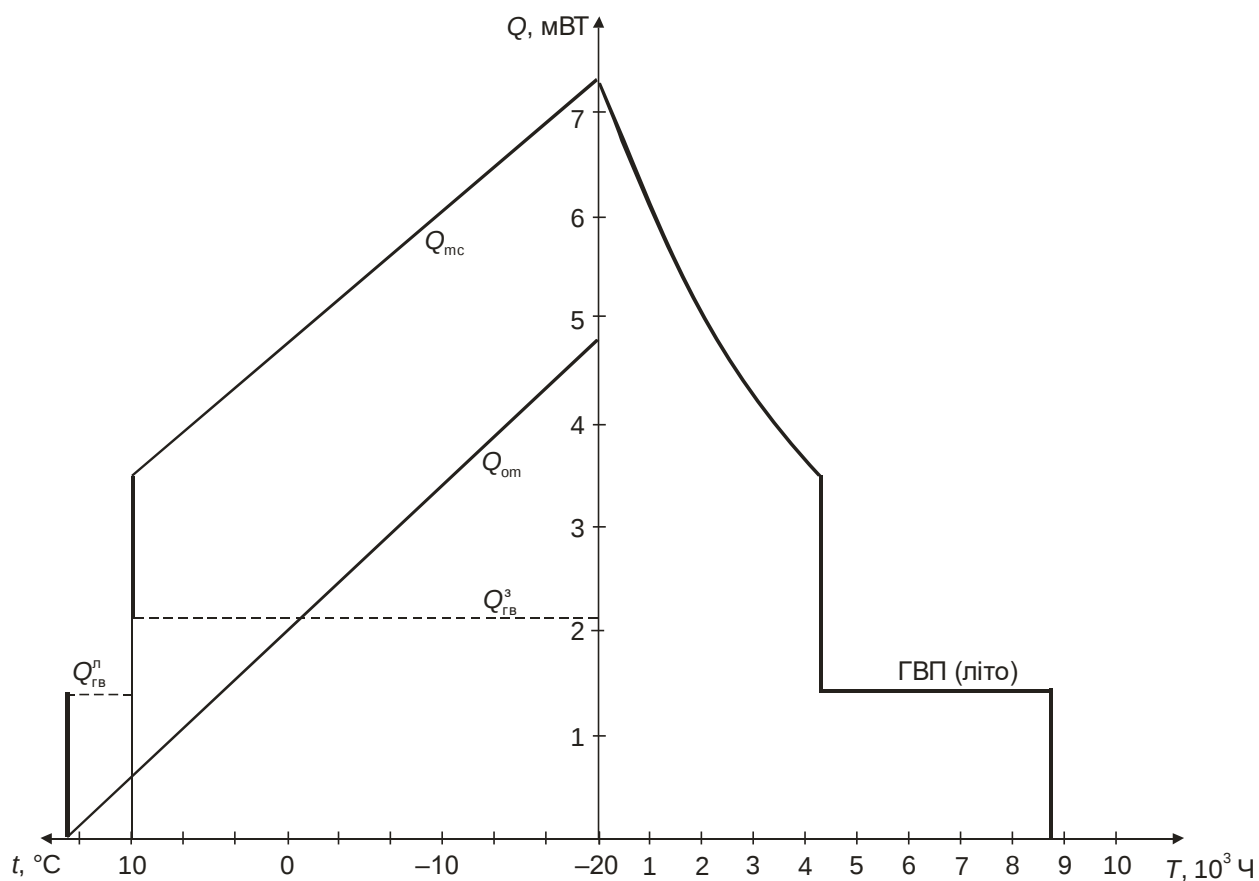


Рис. 3.2 Графік теплопостачання

3.5. Підбір обладнання котельні

Згідно з розрахунками максимальне теплове навантаження складає 7,35 МВт. Встановлені на котельні котли типу ДЕ-10-14ГМ у кількості 3 шт. (один є резервним), які забезпечують розрахункове навантаження котельні. В результаті збільшення витрати води ставимо деаератор типу ДА-25.

Підбір мережевих насосів

Мережеві насоси вибирають відповідно до витрати мережної води.

Витрата мережної води $G_{с.в.}=1,03\text{т/год.}$

Необхідна продуктивність мережних насосів, наведена до щільності $\rho_B=1000\text{ кг/м}^3$, м/год.

$$G_{CH}=G_{с.в.}/\rho=1,03/0,978=1,13$$

Напір мережних насосів вибирається з умови подолання гідравлічного опору теплотраси при розрахунковій максимальній витраті води, опору котельні й сполучних трубопроводів з 10%-м запасом.

$$H^C_p=1,1\text{ Н,}$$

де $H = 1,3\text{ МПа,}$

$$H^C_p=1,1 \cdot 1,3=1,43\text{ МПа}$$

Приймаємо до установки два мережних насоси ВК 1/16: електродвигун 4АМХ80У4, подача $3,6\text{ м}^3/\text{год.}$, напір 1,6 МПа, частота обертання 1450^{-1} , потужність $N=1,5\text{ кВт.}$

Підбір живильних насосів

У котельні встановлюються живильні насоси числом не менш двох з незалежним приводом.

Живильні насоси підбирають відповідно до продуктивності й напору.

Продуктивність всієї котельні, т/год.

$$Q_{\text{пит}}=1,1 \cdot D,$$

де D - сумарна паропроductивність котельні, $D=19,04\text{ т/год.}$

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ПИТ}}=1,1 \cdot 19,04 = 21,44 \text{ т/год.}$$

Напір, що повинні створювати живильні насоси для парових котлоагрегатів, МПа

$$H_{\text{ПИТ}}=1,15 \cdot (P_6 - P_d) + H_{\text{СЕТ}},$$

де P_6 - найбільший можливий надлишковий тиск у котлоагрегаті, $P_6=1,3$ МПа;

P_d - надлишковий тиск у деаераторі, $P_d=1,2$ МПа;

$H_{\text{СЕТ}}$ - опір усмоктувального й нагнітаючого трубопроводів, приймаємо

$H_{\text{СЕТ}}=0,15$ МПа.

$$H_{\text{НАС}} = 1,15(1,3-1,2) + 0,15 = 1,51 \text{ МПа}$$

Приймаємо до установки два живильних насоси ЦВК 5/125, один з яких є резервним: електродвигун 4АМ180М2, подача $18 \text{ м}^3/\text{год.}$, напір $1,25$ МПа, частота обертання 2950^{-1} , потужність $N=30,8$ кВт.

Підбір димососа

Необхідна розрахункова продуктивність димососа визначається з урахуванням умов усмоктування.

Розрахункова продуктивність, $\text{м}^3/\text{год.}$:

$$Q_p = \beta_2 \cdot V \cdot 3600 = 1,05 \cdot 6,43 \cdot 3600 = 24305 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де V – витрата газів;

β_2 – коефіцієнт запасу по продуктивності.

Приймаймо до установки димосос відцентровий лівого обертання Л270 ДН-11,2 продуктивністю $27650 \text{ м}^3/\text{год.}$, напором $2,76$ кПа з електродвигуном 4А300М6 потужністю 22 кВт, частота обертання 1000 об^{-1} .

Підбір дуттьового вентилятора

Необхідна розрахункова продуктивність вентилятора визначається з урахуванням умов усмоктування.

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункова продуктивність, м³/год.

$$Q_p = \beta_1 \cdot V \cdot 3600 = 1,05 \cdot 3,2 \cdot 3600 = 12100 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де V – витрата повітря;

β_1 – коефіцієнт запасу по продуктивності.

Приймаємо до установки вентилятор дуттьовий відцентровий лівого обертання Л0 ВДН-9, продуктивністю 14650 м³/год., напором 2,78 кПа з електродвигуном 4A160S6B3 потужністю 11 кВт, частота обертання 1000⁻¹.

Підбір деаератора

У нових виробничих та виробничо-опалювальних котельнях з паровими котлоагрегатами передбачається установка атмосферних деаераторів типу ДА.

Підбираємо деаератор по його продуктивності, $G_d = 25$ т/год.

Приймаємо до установки деаератор ДА-25 з характеристиками:

продуктивність, т/год.	25
тиск, МПа	1,2
ємність деаераторного бака, м ³	25
поверхня охолоджувача випару, м ²	2

3.6. Розрахунок системи газопостачання котельні

У зв'язку зі збільшенням витрати газу розрахуємо витрати тиску у системі газопостачання котельні.

Перша гілка

Таблиця 3.4

Опір першої гілки

Тип	Кількість	Коефіцієнт місцевого опору ξ	$\sum \xi$
Клапан	7	3	21
Кут 90 ⁰	8	0,3	2,4

Тип	Кількість	Коефіцієнт місцевого опору ξ	$\sum \xi$
Лічильник	1	2,5	2,5
Трійник	10	1,5	15
Фільтр	1	1,5	1,5
Всього			42,4

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = 1,4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{n}{d_1} + 1922 \cdot \frac{\nu \cdot d_1}{Q_{\text{сум}}} \right) \cdot \frac{Q_{\text{сум}}^2}{d_1^5 \cdot \rho}$$

де P_1 - абсолютний тиск газу на початку газопроводу, МПа;

P_2 - абсолютний тиск газу в кінці газопроводу, МПа;

l - розрахункова довжина газопроводу постійного діаметру, м;

ρ - густина газу, кг/м³, дорівнює 0,10132 МПа при 0°C;

n - еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні стінки сталевих труб, дорівнює 0,02;

Q - витрата газу, м³/год;

d - діаметр газопроводу, см;

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с, дорівнює $14,3 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

$$\alpha_1 = 1,4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{n}{d_1} + 1922 \frac{\nu \cdot d}{Q_{\text{сум}}} \right) \cdot \frac{Q_{\text{сум}}^2}{d_1^5} \cdot \rho = 2,3 \cdot 10^{-7}$$

Для зовнішніх надземних газопроводів розраховуємо розрахункову довжину

$$l = l_1 + \xi_1 \cdot ld$$

де l_1 - фактична довжина газопроводу, м;

ξ - сума коефіцієнтів місцевих опорів;

ld - еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, м.

$$l = 109,20 \text{ м}$$

Визначення режиму течії газу:

$$l = 109,2 + 42,4 + 0,132 = 152 \text{ м}$$

$$\frac{(P_1^2) - [(P)_2^2]}{l} = \alpha;$$

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$(P_1^2) - (P_2^2) = \alpha l;$$

$$P_2^2 = P_1^2 - \alpha l \Rightarrow P_2 = \sqrt{(P_1^2) - \alpha \cdot l};$$

$$P_1 = 0,142 \text{ МПа}$$

$$P_1^1 = \sqrt{0,142^2 - 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot 152} = 0,141 \text{ МПа}$$

Швидкість: $V_1 = \frac{Q_{\text{сум}}}{S} = \frac{1080}{0,02} = 54000 \text{ м/год.} = 15 \text{ м/с}$

Друга гілка

Таблиця 3.5

Опір другої гілки

Тип	Кількість	Коефіцієнт місцевого опору ξ	$\sum \xi$
Клапан	10	3	30
Кут 90°	11	0,3	3,3
Лічильник	-	-	-
Трійник	1	1,5	1,5
Фільтр	-	-	-
Всього			34,8

$$Q_2 = \frac{1080}{3} = 360 \text{ м}^3/\text{год. (на 3 котла);}$$

$$\alpha_2 = 1,4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{n}{d_2} + 1922 \frac{\nu \cdot d_2}{Q_2} \right) \cdot \frac{Q_2^2}{d_2^5} \cdot \rho = 1,4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{0,01}{10} + 1922 \frac{14,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{360} \right) \cdot$$

$$\cdot \frac{360^2}{10^5} \cdot 0,10132 = 0,3 \cdot 10^{-7}$$

$$l_2 = l_1 + \xi \cdot l d_2$$

$$l_1 = 109,2 \text{ м}$$

$$l d_2 = \frac{d_2}{11 \left(\frac{n}{d_2} + 1922 \frac{\nu \cdot d_2}{Q_2} \right)} = \frac{10}{11 \left(\frac{0,01}{10} + 1922 \frac{14,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{360} \right)} = 4,54 \text{ м}$$

$$Re = 0,0354 \cdot \frac{Q_2}{d_2 \cdot \nu} = 0,0354 \cdot \frac{360}{10 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6}} = 89118,8 > 4000 \quad - \text{ режим турбулент-}$$

ний

$$l_2 = 4,54 \text{ м}$$

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = a$$

$$P_1^2 - P_2^2 = al$$

$$P_1 = 0,141 \text{ МПа}$$

$$P_1^1 = \sqrt{0,142^2 - 0,3 \cdot 10^{-7} \cdot 4,54} = 0,141 \text{ МПа}$$

$$P_2^2 = 0,141 \text{ МПа}$$

$$P_2 = \sqrt{0,142^2 - 0,3 \cdot 10^{-7} \cdot 4,54} = 0,141 \text{ МПа}$$

Швидкість: $V_1 = \frac{Q_2}{S} = \frac{360}{0,0078} = 46153,8 \text{ м/год.} = 13 \text{ м/с}$

Перевірка: $\frac{0,142 - 0,141}{0,142} = 0,7 \%$

Тиск достатній перед котлами для роботи пальників.

3.7. Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів

У зв'язку розбудовою житлового району міста змінилася паропроодуктивність котельні, що приводить до збільшення витрати води на фільтри. Тому треба перевірити на працездатність стару установку хімводоочищення (прийняти рішення реконструювати установку чи залишити без змін).

Розрахунок зводимо в таблицю 3.6.

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Натрій-катіонітні фільтри другого ступеня

Параметри	Формула	Перша черга	Друга черга
Продуктивність фільтрів Q_{NA2} , м ³ /год.		0,78	0,84
Діаметр фільтра, мм		1000	1000
Висота шару катіоніту (сульфовугілля) $H_{сл}$, м		2,5	2,5
Площа фільтрування f_{NA2} , м ²		0,76	0,76
Об'єм катіоніту V_k , м ³		7,75	7,75
Кількість працюючих фільтрів а, шт.		1	1
Кількість резервних фільтрів, шт.		1	1
Загальна жорсткість фільтрату (після першої ступені натрій-катіонування) коли поступає на другу ступінь $Ж_p^{ост1}$, мг-екв/л		0,1	0,1
Жорсткість фільтру після другої ступені катіонування $Ж_p^{ост2}$, мг-екв/л		0,02	0,02
Швидкість фільтрування ω_{NA2} , м/год.	$\frac{Q_{NA2}}{f_{NA2}}$	1,02	1,1
Число регенерацій фільтру на добу n_{NA2}	$\frac{Q_{NA2} * Ж_0^{ост-1} * 24}{V_k * E_{p-NA2}}$	0,001	0,002
Робоча обмінна здатність сульфовугілля $E_{p NA2}$ при питомій витраті солі $q_c=350$ г/г-екв		300	300
Витрата 100%-ї солі на одну регенерацію Q_c , кг	$\frac{E_{p NA2} * V_k * q_c}{1000}$	698	698
Витрата міцної (26%-ї) суміші на одну регенерацію Q_{np} , кг	$\frac{Q_c * 100}{1000 * 1,2 * 26}$	2,2	2,2
Щільність 26%-ї суміші солі при 20°C, т/год.		1,2	1,2
Витрата технічної солі на регенерацію фільтру $Q_{тс}$, кг/добу	$\frac{Q_c * n_{NA2} * a * 100}{93}$	1,0	1,5

Параметри	Формула	Перша черга	Друга черга
Витрата води на регенерацію фільтру $Q_{взр.}, \text{м}^3$		5,5	5,5
Витрата води на приготування регенераційної суміші $Q_{pp}, \text{м}^3$	$\frac{Q_p \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \rho}$	13	13
Витрата води на обмивку катіоніту від продуктів регенерації $Q_{от}, \text{м}^3$		7,6	7,6
Витрата води на одну регенерацію з урахуванням обмивних вод на розпушування $Q_{сн}, \text{м}^3$		20,6	20,6
Витрата води на одну регенерацію у середньому за добу, $\text{м}^3/\text{добу}$		0,10	0,12

В результаті зроблених розрахунків, видно що система підготовки води дозволяє очищувати необхідну кількість води без заміни установки.

Рекомендується збільшити кількість солі на $1,78 \text{ кг/м}^3$.

Висновки за розділом:

Виконані розрахунки та підбір обладнання підтверджують можливість експлуатації котельні з оновленими параметрами, спричиненими збільшенням теплового навантаження. Котельня, оснащена трьома котлами ДЕ-10-14ГМ, здатна забезпечити максимальне теплове навантаження в $7,35 \text{ МВт}$.

Теплові параметри та навантаження:

Максимальне теплове навантаження котельні становить $7,35 \text{ МВт}$.

Сумарна паропродуктивність котельні прийнята $19,04 \text{ т/год}$.

Розрахунок графіка теплопостачання (табл. 3.3) визначає сумарне теплове навантаження:

ΣQ в опалювальний період від $7,000 \text{ МВт}$ (при -20°C) до $2,775 \text{ МВт}$ (при 15°C), та літнє навантаження $1,420 \text{ МВт}$.

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Підбір основного та допоміжного обладнання:

Встановлені три котли ДЕ-10-14ГМ (один резервний).

Деаератор типу ДА-25 з продуктивністю 25 т/год та тиском 1,2 МПа.

Два мережеві насоси ВК 1/16 (подача 3,6 м³/год, напір 1,6 МПа).

Два живильні насоси ЦВК 5/125 (один резервний, подача 18 м³/год, напір 1,25 МПа). Розрахункова продуктивність живильних насосів — 21,44 т/год.

Димосос Л270 ДН-11,2 (продуктивність 27650 м³/год, напір 2,76 кПа).

Обраний дугтьовий вентилятор ЛО ВДН-9 (продуктивність 14650 м³/год, напір 2,78 кПа).

Проведений розрахунок системи газопостачання. Розрахунок падіння тиску в системі газопостачання показав, що тиск перед котлами є достатнім для роботи пальників.

Перевірка працездатності установки хімводоочищення (натрій-катіонітні фільтри другого ступеня) підтвердила, що система дозволяє очищувати необхідну кількість води без заміни установки.

Рекомендовано збільшити кількість солі на 1,78 кг/м³.

Таким чином, розрахунки, проведені в розділі, дозволяють визначити всі теплові та масові потоки, підібрати допоміжне обладнання та підтвердити відповідність системи газопостачання та водопідготовки новим умовам експлуатації котельні.

					ВКР.144.6241м.01.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Дослідницький розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.										
Керівник	Шаповалов ЮО										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Дослідження парових котельних установок

4.1. Шляхи підвищення ефективності парових котельних установок

Теплогенератори (парові та водогрійні котли) малої та середньої потужності є одними з основних споживачів природного газу в Україні. Парові котли генерують пару для промислових потреб та на теплопостачання систем опалення і вентиляції. У структурі водогрійних котлів є як парові, так і водогрійні. Гаряча вода як теплоносіє споживається на генерацію санітарної гарячої води, теплопостачання калориферів вентиляційних установок, опалення приміщень, теплопостачання повітряних завіс та інше.

При виборі напрямків енергозбереження звертають увагу на основні споживачі палива: котельні та промислові печі, системи розподілу теплової енергії – теплові мережі. Враховуючи потужність даних систем, зменшення споживання енергії в межах навіть декількох відсотків дозволить отримати значний економічний ефект.

Розглянемо структуру енергетичних потоків системи «генератор тепла» – «теплова мережа» – «споживач (ГТС)»

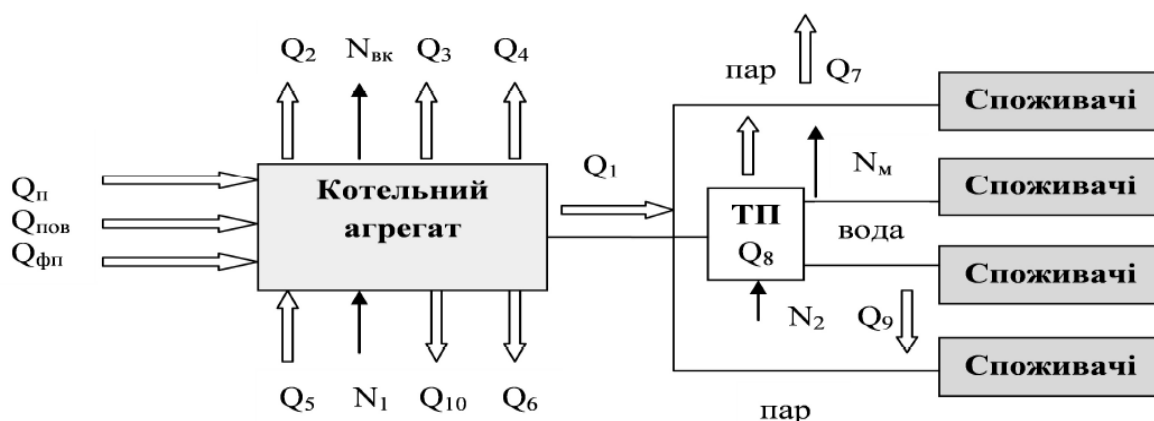


Рис. 4.1 Структура енергетичних потоків системи
«генератор тепла» – «теплова мережа» – «споживач»

На об'єкті для потреб споживачів у тепловій енергії встановлені парові котли ДЕ-10-14. Конструкція котлів і основних їх елементів приведена у розділі 2, загальний вид котла на кресленні.

Котельний агрегат працює на органічному паливі, паливо вносить в агрегат наступне тепло: $Q_{\text{п}}$ – нижня теплота спалювання, Дж; $Q_{\text{пов}}$ – тепло, що вноситься з повітрям, Дж; $Q_{\text{фп}}$ – фізична теплота палива як тіла. До котельного агрегату може повертатися конденсат і вносити теплоту Q_5 .

Витратна частина теплового балансу системи складається з наступних складових, Дж:

Q_1 – корисне тепло;

Q_2 – втрати теплової енергії від хімічної неповноти згорання палива;

Q_3 – втрати теплової енергії від механічної неповноти згорання;

Q_4 – втрати тепла з димовими газами;

Q_6 – тепло, що виводиться з шлаком та золою;

Q_7 – втрати тепла у парових мережах теплопостачання;

Q_8 – втрати тепла у теплових пунктах;

Q_9 – втрати тепла у водяних мережах теплопостачання;

Q_{10} – втрати тепла у навколишнє середовище від котлів.

Основні напрямки енергозбереження в системах ГТС визначаються шляхом складання комплексного енергетичного балансу. Основна мета енергозберігаючої політики – зменшити витратну частину енергетичних балансів.

Електричний баланс складається з надходжень енергії і її витрат. Надходження енергії: N_1 , N_2 – відповідно енергія, що підведена до котельні і до теплового пункту, Дж. Витрата частина складається з наступних величин: $N_{\text{вк}}$, $N_{\text{м}}$ – відповідно витрати електричної енергії котельні і мереж, Дж.

В першу чергу підприємства-замовників цікавить удосконалення вже встановлених котлів, а не будівництво нових. Тому перспективним напрямком оптимізації є технологічне вдосконалення котлів, орієнтоване на причини й механізми неекономічного спалювання палива й утворення шкідливих речовин.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Характерною особливістю впровадження теплосберігаючих та природоохоронних технологій на діючих котлах малої та середньої потужності є жорстке їх обмеження капітальними втратами. Відповідно до цього доцільні рішення, що передбачають заміну існуючого технологічного устаткування новим для досягнення сучасних показників по ефективності спалювання палива і охороні повітряного простору.

4.2. Розрахунок котла

Для визначення шляхів вдосконалення парового котла розглянемо його тепловий баланс.

4.2.1. Вихідні данні для розрахунку

Початкові дані до теплового розрахунку парового котла ДЕ-10-14ГМ

Паропродуктивність котла, т/год.	$D=10$
кг/с	$D := 2.778$
Тиск пари у пароводяному барабані (абсолютний), МПа	$p := 1.4$
Температура живильної води перед економайзером, °C	$t_{ж.в} := 100$
Температура насиченої пари, °C	$t_{н.п} := 195$
Нижча теплота згоряння сухого газу, кДж/м ³	$Q_{id} := 35290$

4.2.2. Конструктивні характеристики парового котла

Топка

Об'єм топкової камери, м ³	$V_T := 17.4$
Поверхня стін топкової камери, м ²	$F_{ст.т} := 41.5$
Променесприймальна поверхня, м ²	$F_{пр.т} := 39$
Конвективний (котельний) пучок	
Поверхня нагріву, м ²	$F_{к.п} := 110$
Діаметр труб, м	$d_{к.п} := 0.051$

Крок труб, м: поперечний

$$s_{1к.п} := 0.110$$

поздовжній

$$s_{2к.п} := 0.09$$

Розташування труб

коридорне

Переріз для проходу газів, м²

$$f_{к.п} := 0.41$$

4.2.3. Розрахунок об'ємів повітря і продуктів згоряння

Склад робочої маси, %:

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 &:= 98.4 & \text{C}_2\text{H}_6 &:= 0.1 & \text{C}_3\text{H}_8 &:= 0 & \text{C}_4\text{H}_{10} &:= 0 & \text{C}_5\text{H}_{12} &:= 0 & \text{N}_2 &:= 1.2 \\ \text{CO}_2 &:= 0.3 \end{aligned}$$

Вологовміст газоподібного палива, г/м³:

$$d_{\text{пал}} := 10$$

Теоретичний об'єм сухого повітря (при $a=1$), необхідного для повного згоряння палива, м³/м³:

$$V_0 := 0.0476[(1 + 0.25 \cdot 4)\text{CH}_4 + (2 + 0.25 \cdot 6)\text{C}_2\text{H}_6] = 9.384$$

Теоретичний об'єм азоту в продуктах згоряння, м³/м³:

$$V_{\text{ON}_2} := 0.79V_0 + \frac{\text{N}_2}{100} = 7.426$$

Об'єм триатомних газів, м³/м³:

$$V_{\text{RO}_2} := 0.01(\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6) = 0.989$$

Теоретичний об'єм водяної пари, м³/м³:

$$V_{\text{OH}_2\text{O}} := 0.01 \cdot [0.5(4\text{CH}_4 + 6\text{C}_2\text{H}_6) + 0.124d_{\text{пал}}] + 0.0161V_0 = 2.134$$

Коефіцієнт надлишку повітря в газоході для кожної поверхні нагріву:

топка:

конвективний пучок:

економайзер:

$$\alpha_{\text{T}} := 1.05$$

$$\Delta\alpha_{\text{кп}} := 0.1$$

присос повітря

присос повітря

$$\Delta\alpha_{\text{ек}} := 0$$

$$\alpha_{\text{кп}} := \alpha_{\text{T}} + \Delta\alpha_{\text{кп}} = 1.15$$

$$\alpha_{\text{ек}} := \alpha_{\text{кп}} + \Delta\alpha_{\text{ек}} = 1.15$$

Середній коефіцієнт надлишку повітря в газоході для кожної поверхні нагріву:

топка:

конвективний пучок:

економайзер:

$$\alpha_{\text{тср}} := \alpha_{\text{Т}} = 1.05 \quad \alpha_{\text{кпср}} := 0.5 \cdot (\alpha_{\text{Т}} + \alpha_{\text{кп}}) = 1.1 \quad \alpha_{\text{екср}} := 0.5 \cdot (\alpha_{\text{кп}} + \alpha_{\text{ек}}) = 1.15$$

Надлишкова кількість сухого повітря для кожного газоходу, м³/м³:

топка:

$$V_{\text{Т.надл.с.пов}} := V_0 \cdot (\alpha_{\text{тср}} - 1) = 0.469$$

конвективний пучок:

$$V_{\text{кп.надл.с.пов}} := V_0 \cdot (\alpha_{\text{кпср}} - 1) = 0.938$$

економайзер:

$$V_{\text{ек.надл.с.пов}} := V_0 \cdot (\alpha_{\text{екср}} - 1) = 1.408$$

Дійсний об'єм водяної пари, м³/м³:

топка:

$$V_{\text{H}_2\text{OТ}} := V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{тср}} - 1) V_0 = 2.142$$

конвективний пучок:

$$V_{\text{H}_2\text{Okп}} := V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{кпср}} - 1) V_0 = 2.15$$

економайзер:

$$V_{\text{H}_2\text{Oек}} := V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{екср}} - 1) V_0 = 2.157$$

Дійсний сумарний об'єм продуктів згоряння, м³/м³:

топка:

$$V_{\text{тг}} := V_{\text{RO}_2} + V_{\text{0N}_2} + (\alpha_{\text{тср}} - 1) V_0 + V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{тср}} - 1) V_0 = 11.026$$

конвективний пучок:

$$V_{\text{кпг}} := V_{\text{RO}_2} + V_{\text{0N}_2} + (\alpha_{\text{кпср}} - 1) V_0 + V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{кпср}} - 1) V_0 = 11.503$$

економайзер:

$$V_{\text{екг}} := V_{\text{RO}_2} + V_{\text{0N}_2} + (\alpha_{\text{екср}} - 1) V_0 + V_{\text{0H}_2\text{O}} + 0.0161 (\alpha_{\text{екср}} - 1) V_0 = 11.979$$

Об'ємні частки:

триатомних газів:

топка:

конвективний пучок:

економайзер:

$$r_{\text{тгRO}_2} := \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_{\text{тг}}} = 0.09 \quad r_{\text{кпгRO}_2} := \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_{\text{кпг}}} = 0.086 \quad r_{\text{екгRO}_2} := \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_{\text{екг}}} = 0.083$$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

водяної пари:

топка:

конвективний пучок:

економайзер:

$$r_{\text{тН}_2\text{О}} := \frac{V_{\text{Н}_2\text{О}_\text{т}}}{V_{\text{тт}}} = 0.194 \quad r_{\text{кпН}_2\text{О}} := \frac{V_{\text{Н}_2\text{О}_\text{кп}}}{V_{\text{кпг}}} = 0.187 \quad r_{\text{екН}_2\text{О}} := \frac{V_{\text{Н}_2\text{О}_\text{ек}}}{V_{\text{екг}}} = 0.18$$

сумарна об'ємна частка:

топка:

$$r_{\text{тп}} := r_{\text{тRO}_2} + r_{\text{тН}_2\text{О}} = 0.284$$

конвективний пучок:

$$r_{\text{кпп}} := r_{\text{кпRO}_2} + r_{\text{кпН}_2\text{О}} = 0.273$$

економайзер:

$$r_{\text{екп}} := r_{\text{екRO}_2} + r_{\text{екН}_2\text{О}} = 0.263$$

4.2.4. Розрахунок ентальпій повітря і продуктів згоряння

Інтервал зміни температури $t = 0 \dots 2000$ °С.

Ентальпія теоретичного об'єму повітря, кДж/м³:

$$H_{0\text{т.пов}}(t_{\text{т}}) := V_0 \cdot \text{ent}_{\text{т.пов}}(t_{\text{т}})$$

Ентальпія теоретичного об'єму продуктів згоряння, кДж/м³:

$$H_{0\text{т.г}}(t_{\text{т}}) := V_{\text{RO}_2} \cdot \text{ent}_{\text{тRO}_2}(t_{\text{т}}) + V_{0\text{N}_2} \cdot \text{ent}_{\text{тN}_2}(t_{\text{т}}) + V_{0\text{H}_2\text{О}} \cdot \text{ent}_{\text{тН}_2\text{О}}(t_{\text{т}})$$

де $\text{ent}_{\text{т}}$ – ентальпії 1 м³ повітря, газоподібних продуктів згоряння, кДж/м³

Ентальпія надлишкової кількості повітря, кДж/м³:

$$H_{\text{т.пов.надл}}(t_{\text{т}}) := (\alpha_{\text{т}} - 1) H_{0\text{т.пов}}(t_{\text{т}})$$

Ентальпія продуктів згоряння при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha > 1$, кДж/м³:

$$H_{\text{т.г}}(t_{\text{т}}) := H_{0\text{т.г}}(t_{\text{т}}) + H_{\text{т.пов.надл}}(t_{\text{т}})$$

Результати розрахунку ентальпії продуктів згоряння у різних частинах тракту котла представлені на рис. 4.2.

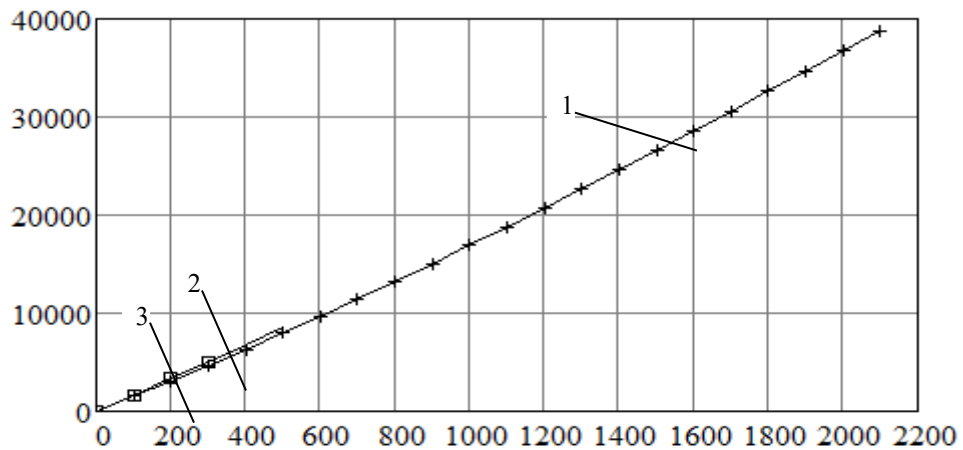


Рис. 4.2 Ентальпії протоктів згоряння:

1 – топка; 2 – конвективний пучок; 3 – економайзер

4.2.5. Тепловий баланс котельного агрегату. Розрахунок ККД бруто котла і витрати палива

Розрахунок ведемо для варіанту котла без економайзеру (температура на виході 235°C)

Наявна теплота палива, кДж/м³ :

$$Q_{\text{нвг}} = 3.529 \times 10^4$$

Температура відхідних газів (прийнято), °C

235

Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння

$$q_4 := 0$$

Ентальпія відхідних газів

$$H_{\text{від}} := H_{\text{ек.г}}(t_{\text{від}})$$

3919

Ентальпія навколишнього повітря

373.497

$$H_{0\text{х.пов}} := 39.8V_0$$

Втрата теплоти з відхідними газами, %:

$$q_2 := \frac{(H_{\text{від}} - \alpha_{\text{ек}} H_{0\text{х.пов}})(100 - q_4)}{Q_{\text{нвг}}}$$

9.889

Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння, %:

$$q_3 := 0.5$$

Втрата теплоти від зовнішнього охолодження, %:	$q_5 := 1.7$
Витрата насиченої пари, кг/с	$D_{н.п} = 2.778$
Ентальпія насиченої пари, кДж/кг	$h_{н.п} := 2788.4$
Ентальпія живильної води на вході до водяного економайзера, кДж/кг	$h_{ж.в} := 420.1$
Ентальпія киплячої води у барабані котла, кДж/кг	$h_{кип} := 830.1$
Відсоток неперервної продувки парового котла, %	$p_{пр} := 3$

Корисна потужність котельного агрегату, кВт:

$$Q_{к.а} := D_{н.п} \cdot (h_{н.п} - h_{ж.в}) + 0.01 p_{пр} \cdot D_{н.п} (h_{кип} - h_{ж.в}) = 6.613 \times 10^3$$

ККД брутто котлоагрегату: 87.911

$$\eta_{к.а} := 100 - (q_2 + q_3 + q_5)$$

Витрата палива, що подається до топки котла, м³/с: 0.213

$$B := \frac{Q_{к.а} \cdot 100}{Q_{нвг} \cdot \eta_{к.а}}$$

Коефіцієнт збереження теплоти: 0.981

$$\phi := 1 - \frac{q_5}{\eta_{к.а} + q_5}$$

4.2.6. Розрахунок теплообміну у топці

Температура продуктів згоряння на виході з топки (прийнято), °С $t_T := 1075$

К: $T''_T = 1.348 \times 10^3$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ентальпія продуктів згоряння на виході з топки, кДж/м³: $H_{3.T} = 1.835 \times 10^4$

Теплота, яка вноситься до топки з повітрям, кДж/м³:

$$Q_{\text{пов}} := \alpha_T \cdot H_{0X.\text{пов}} = 392.172$$

Корисне тепловиділення у топці, кДж/м³:

$$Q_{\text{кор}} := Q_{\text{нвг}} \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_{\text{пов}} = 3.551 \times 10^4$$

Коефіцієнт забруднення або закриття екрана

$$\zeta := 0.65$$

Середнє значення коефіцієнта теплової ефективності топки:

$$\psi_{\text{ср}} := \frac{\zeta \cdot F_{\text{пр.т}}}{F_{\text{ст.т}}} = 0.611$$

Ефективна товщина випромінюючого шару, м:

$$s := 3.6 \cdot \frac{V_T}{F_{\text{ст.т}}} = 1.509$$

Тиск у топковій камері котлоагрегату, МПа,

$$P := 0.1$$

Парціальний тиск триатомних газів, МПа,

$$p_{\Pi} := r_{\text{тп}} \cdot P = 0.028$$

Об'ємна частка водяної пари

$$r_{\text{тH}_2\text{O}} = 0.194$$

Коефіцієнт ослаблення променів триатомними газами, (м·МПа)⁻¹:

$$k_T := \left(\frac{7.8 + 16 \cdot r_{\text{тH}_2\text{O}}}{3.16 \cdot \sqrt{p_{\Pi} \cdot s}} - 1 \right) \cdot \left(1 - 0.37 \cdot \frac{T''_T}{1000} \right) = 7.856$$

Вміст вуглецю і водню у робочій масі палива:

$$\text{CH} := 0.12 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \text{CH}_4 + \frac{2}{6} \cdot \text{C}_2\text{H}_6 \right) = 2.956$$

Коефіцієнт ослаблення променів сажистими частинками, (м·МПа)⁻¹:

$$k_c := 0.3 \cdot (2 - \alpha_T) \cdot \left(1.6 \cdot \frac{T''_T}{1000} - 0.5 \right) \cdot \text{CH} = 1.396$$

Коефіцієнт ослаблення променів топковим середовищем, (м·МПа)-1:

$$k := k_T \cdot r_{\text{ТП}} + k_c = 3.627$$

Ступінь чорноти, який би мав факел при заповненні усієї топки тільки світним полум'ям :

$$a_{\text{св}} := 1 - e^{-\left(k_T \cdot r_{\text{ТП}} + k_c\right) \cdot P \cdot s} = 0.422$$

Ступінь чорноти, який би мав факел при заповненні усієї топки тільки несвітними триатомними газами:

$$a_T := 1 - e^{-\left(k_T \cdot r_{\text{ТП}}\right) \cdot P \cdot s} = 0.286$$

Теплове напруження об'єму топки, кВт/м³

$$q_v := B \cdot \frac{Q_{\text{id}}}{V_T} = 432.34$$

Коефіцієнт, що характеризує частку топкового об'єму, яка заповнена світною частиною факела:

$$m := 0.1 + \frac{0.6 - 0.1}{1000 - 400} \cdot (q_v - 400) \quad m = 0.127$$

Ступінь чорноти факела:

$$a_{\Phi} := m \cdot a_{\text{св}} + (1 - m) \cdot a_T = 0.303$$

$$a_{\text{топ}} := \frac{a_{\Phi}}{a_{\Phi} + (1 - a_{\Phi}) \cdot \psi_{\text{ср}}} = 0.416$$

Ступінь чорноти топки:

Параметр М (залежить від відносного положення максимуму температури полум'я по висоті топки x_T): для камерних топків з горизонтальним рухом газів $x_T=0,3$

$$M := 0.54 - 0.2 \cdot x_T = 0.48$$

Теоретична (адіабатна) температура горіння, К,

$$T_a := 2213$$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Середня сумарна теплоємність продуктів згоряння, кДж/(м³·К):

$$V_{c_{cp}} := \frac{Q_{кор} - H_{з.г}}{T_a - T''_T} = 19.83$$

Температура газів на виході з топки, °С:

$$\theta''_T := \frac{T_a}{M \cdot \left(\frac{5.67 \cdot \psi_{cp} \cdot F_{ст.г} \cdot a_{топ} \cdot T_a^3}{10^{11} \cdot \phi \cdot B_p \cdot V_{c_{cp}}} \right)^{0.6} + 1} - 273 = 1.087 \times 10^3$$

Перевірка $\frac{\theta''_T - t_T}{t_T} \cdot 100 = 1.105$

Теплосприймання топки на 1 м³ палива, кДж/м³:

$$Q_{Т.пром} := \phi \cdot (Q_{кор} - H_{Т.г}(\theta''_T)) = 1.661 \times 10^4$$

4.2.7. Розрахунок теплообміну у конвективному паротвірному пучку

Температура на виході з конвективного пучка (прийнято), °С, $t_{з.к.п} := 237$

Теплота, яка віддається продуктами згоряння, кДж/м³:

$$Q_{б.к.п} := \phi \cdot (H_{Т.г}(\theta''_T) - H_{кп.г}(t_{з.к.п}) + \Delta\alpha_{кп} \cdot H_{0х.пов}) = 1.438 \times 10^4$$

Коефіцієнт використання пучка $\xi := 0.95$

Коефіцієнт теплової ефективності $\psi_{к.п} := 0.85$

Середня температура газів, °С,

$$t_{cp.к.п} := \frac{\theta''_T + t_{з.к.п}}{2} = 661.939$$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпис	Дата		

Теплофізичні властивості газів:

$$\lambda_{\Gamma.К.П} := 0.079 \quad M_{\lambda_{К.П}} := 1.02 \quad \lambda_{К.П} := \lambda_{\Gamma.К.П} \cdot M_{\lambda_{К.П}} = 0.081$$

$$\nu_{\Gamma.К.П} := 99.8 \cdot 10^{-6} \quad M_{\nu_{К.П}} := 1.01 \quad \nu_{К.П} := \nu_{\Gamma.К.П} \cdot M_{\nu_{К.П}} = 1.008 \times 10^{-4}$$

$$Pr_{\Gamma.К.П} := 0.602 \quad M_{Pr_{К.П}} := 1.04 \quad Pr_{К.П} := Pr_{\Gamma.К.П} \cdot M_{Pr_{К.П}} = 0.626$$

Геометричні характеристики пучка:

відносний поперечний крок труб

$$\sigma_{1К.П} := \frac{s_{1К.П}}{d_{К.П}} = 2.157$$

відносний поздовжній крок труб

$$\sigma_{2К.П} := \frac{s_{2К.П}}{d_{К.П}} = 1.765$$

Швидкість газів у пучку

$$w_{\Gamma.К.П} := \frac{B_p \cdot V_{кпг} \cdot (t_{ср.К.П} + 273)}{f_{К.П} \cdot 273} = 20.481$$

Поправка на кількість рядів труб z_2 ($C_{z1} = 1$ при $z_2 > 10$)

$$C_{zК.П} := 1$$

Поправка на компоновання пучка

$$C_{ск.П} := \left[1 + (2\sigma_{1К.П} - 3) \left(1 - \frac{\sigma_{2К.П}}{2} \right)^3 \right]^{-2} = 0.996$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, $Вт/(м^2 \cdot К)$,

$$\alpha_{К.К.П} := 0.2 \cdot \frac{\lambda_{К.П}}{d_{К.П}} \cdot \left(\frac{w_{\Gamma.К.П} \cdot d_{К.П}}{\nu_{К.П}} \right)^{0.65} Pr_{К.П}^{0.33} \cdot C_{zК.П} \cdot C_{ск.П} = 109.844$$

Ефективна товщина випромінюючого шару, м,

$$s_{К.П} := 0.9 d_{К.П} \cdot \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{s_{1К.П} \cdot s_{2К.П}}{d_{К.П}^2} - 1 \right) = 0.177$$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ступінь чорноти забруднених стінок променесприймальних поверхонь нагріву

$$a_3 := 0.8$$

Абсолютна середня температура газів у пучку, К,

$$T_{\text{ср.к.п}} := t_{\text{ср.к.п}} + 273 = 934.939$$

Коефіцієнт ослаблення променів триатомними газами, $(\text{м} \cdot \text{МПа})^{-1}$

$$k_{\text{т.к.п}} := \left(\frac{7.8 + 16r_{\text{кпH}_2\text{O}}}{3.16 \sqrt{0.1 \cdot r_{\text{кпп}} \cdot s_{\text{к.п}}}} - 1 \right) \left(1 - \frac{0.37 \cdot T_{\text{ср.к.п}}}{1000} \right) = 31.525$$

Ступінь чорноти газового потоку

$$a_{\text{кп}} := 1 - e^{-k_{\text{т.к.п}} \cdot r_{\text{кпп}} \cdot P \cdot s_{\text{к.п}}} = 0.141$$

Середня температура середовища, що протікає у трубах, (температура насичення), °С

$$t_{\text{н}} := 194$$

Температура забрудненої зовнішньої поверхні стінок, °С,

$$t_{\text{забр}} := t_{\text{н}} + 25 = 219$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

$$\alpha_{\text{вип.к.п}} := 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{a_3 + 1}{2} \cdot a_{\text{кп}} \cdot T_{\text{ср.к.п}}^3 \cdot \frac{1 - \left(\frac{t_{\text{забр}} + 273}{T_{\text{ср.к.п}}} \right)^{3.6}}{1 - \frac{t_{\text{забр}} + 273}{T_{\text{ср.к.п}}}} = 11.172$$

Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

$$\alpha_{\text{к.п}} := \xi \cdot (\alpha_{\text{к.к.п}} + \alpha_{\text{вип.к.п}}) = 114.966$$

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

$$k_{\text{к.п}} := \psi_{\text{к.п}} \cdot \alpha_{\text{к.п}} = 97.721$$

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Температурний напір, °С,

$$\Delta t_{\text{к.п}} := \frac{\theta''_{\text{Т}} - t_{\text{з.к.п}}}{\ln\left(\frac{\theta''_{\text{Т}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{з.к.п}} - t_{\text{Н}}}\right)} = 280.187$$

Теплосприймання пучка з рівняння теплопередачі, кДж/м³,

$$Q_{\text{Т.к.п}} := \frac{k_{\text{к.п}} \cdot F_{\text{к.п}} \cdot \Delta t_{\text{к.п}}}{V_{\text{р}} \cdot 10^3} = 1.413 \times 10^4$$

Розходження, %,

$$\Delta Q_{\text{к.п}} := \frac{(Q_{\text{Т.к.п}} - Q_{\text{б.к.п}}) \cdot 100}{Q_{\text{б.к.п}}} = -1.765$$

4.3. Дослідження методів підвищення економічності котлів

4.3.1. Основні напрямки підвищення економічності котлів

З проведеного аналізу і розрахунків котла можна виділити фактори, які найбільш впливають на його економічність:

– втрати теплової енергії від хімічної неповноти згорання палива викликані недосконалістю процесів, що відбуваються у топках;

– втрати тепла з димовими газами викликані високою температурою димових газів, причиною якої може бути невисока ефективність теплообміну у топці, та конвективних поверхнях нагріву, великим коефіцієнтом надлишку повітря, та присосами повітря у тракці котла;

– втрати тепла у навколишнє середовище від котлів викликані високою температурою стінки котла, що стикується з навколишнім повітрям.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основними заходами підвищення економічності парового котла можуть бути:

- зменшення теплових втрат за рахунок збільшення термічного опору теплової ізоляції та низького коефіцієнта чорноти поверхні теплоізоляції;
- поліпшення якості пальникових пристроїв;
- використання ресурсів теплової енергії димових газів;
- зменшення температури живильної води на вході у економайзер;
- збільшення температури живильної води і повітря на вході у котел;
- зменшення накипу на теплообмінних поверхнях.

Розглянемо ці заходи більш детально.

4.3.2. Вдосконалення процесів у топках

Головною складовою будь-якого паливоспалюючого теплогенератора є топкова камера, в якій одночасно відбувається процес горіння та теплообміну. Характерним недоліком цих пристроїв є відносно невисока ефективність променевого теплообміну в топкових камерах, яка пов'язана з: низьким ступенем чорноти випромінюючих димових газів; нераціональною конструкцією топки і пальників; незадовільним способом організації процесу горіння; нерівномірним розподілом теплових потоків по поверхні нагрівання в топці та ін.

Крім того існує обмеження по температурі димових газів на виході з топки, яка не повинна бути нижчою за 850... 900 °С. Така вимога обумовлена необхідністю запобігання хімічній неповноті горіння та забезпечення стабільності процесу горіння палива. Вона фактично обмежує ступінь охолодження димових газів, що визначає коефіцієнт корисної дії топки.

На теплообмін суттєво впливають розміри та конфігурація топкової камери, конструкція та компонування пальників, вид палива, режимні умови протікання процесу в топці.

Одними визначальних характеристик променевого теплообміну в топці теплогенератора є ступінь чорноти випромінюючих димових газів та їх температура,

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

які взаємопов'язані один з одним. Дослідження показали, що факел, який світиться, дає більш інтенсивне випромінювання ніж прозорий факел. В той же час при горінні прозорим факелом досягається значно більша максимальна температура димових газів, які розташовані ближче до горловини пальника.

Геометричні характеристики топкової камери разом зі способом організації процесу горіння суттєво впливають на сумарний теплообмін в топковій камері. Нераціональна конструкція топки не забезпечує рівномірний розподіл променевих теплових потоків, що негативно впливає на теплотехнічну та експлуатаційну ефективність топки теплогенератора.

Дослідження вчених І.Я. Сігала, Р.І. Естеркіна, Ю.П. Сосніна, Б.С. Сороки показали, що променевий теплообмін в топкових камерах теплогенераторів малої та середньої потужності буде проходити більш інтенсивно, якщо встановити вторинні випромінювачі, які одночасно будуть стабілізаторами горіння.

Одним з головних параметрів, який визначає експлуатаційні показники роботи топкової камери теплогенераторів, є рівномірність розподілу променевих теплових потоків по променесприймаючій поверхні нагрівання топки.

Нерівномірність розподілу теплових потоків приводить до появи значних нерівномірностей тепловідводу екранними поверхнями нагрівання. Відхилення локальних температур димових газів у топці від їхніх усереднених значень становить 100-200 К, та за деяким даними досягає навіть 400-500 К. Що приводить до локального перегріву труб, поверхонь нагрівання й зниження надійності теплопостачання. Зниження нерівномірності топкового середовища, з одного боку, дозволить здійснити згладжування температурних нерівномірностей, з іншого боку - буде сприяти більше повному згорянню палива за рахунок поліпшення сумішоутворення. Таким чином, буде досягнуте підвищення ККД й екологічних характеристик котлів малої потужності.

Можливо забезпечити рівномірний розподіл променевих теплових потоків по поверхні нагрівання, якщо:

– відстань від випромінювача до променесприймаючої поверхні нагрівання однакова в усіх напрямках;

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– температура випромінювача стала по всій його поверхні або, в випадку димових газів, по випромінюючому об'єму;

– рух теплоносія та розташування факела в об'ємі топки організовано так, що тепловий потік від джерела випромінювання до поверхні екранів однаковий за всіма напрямками.

Згідно викладеного при розробці котлів для рівномірного розподілу теплових потоків по поверхні нагрівання, топковій камері рекомендують надати циліндричну форму і обладнали дуттєвим пальником. За рахунок цього вдається досягти подібності форми ізотерм димових газів до форми топки в поперечному перетині та рівномірності відстаней від джерела випромінювання до поверхні екранів.

При розрахунку парового котла ступінь чорноти факела була 0,303. Розглянемо, як зміна цієї величини впливатиме на параметри котла. Розрахунок ведеться за методикою, що викладена у п. 4.2. Результати розрахунку приведені на кресленні.

Видно, що зі зростанням ступеня чорноти газів у топці (наприклад, внаслідок встановлення в неї спеціальних вторинних випромінювачів), збільшується кількість тепла, яка в ній передається. Проте, внаслідок цього температура газів на виході з топки падає, і температурний перепад між газами і водою у конвективному пучку знижується. Це приводить до зниження кількості тепла, що передається у конвективному пучку. Внаслідок цього сумарна кількість тепла, що передається у котлі залишається майже постійною, а його ККД незмінним.

Таким чином, запропоноване технічне рішення з використанням вторинних випромінювачів з підвищенням ступеня чорноти, не приведе до істотного підвищення економічності парового котла.

4.3.3. Зменшення коефіцієнту надлишку повітря

Втрати тепла з газами, що виходять, залежать від температури й об'єму димових газів, тобто від коефіцієнту надлишку повітря α . Збільшення надлишку повітря на 0,1 дає перевитрату палива на 0,7%. Також слід врахувати, що за раху-

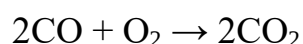
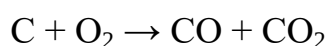
					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

нок негерметичності топково-димового тракту погіршуються економічні показники котла. Зменшення величини присосів на 0,1% дає економію 0,5% витрати палива. Для боротьби з присосами необхідно робити опресування котла (топку, газоходи ставляться під тиск і факелом перевіряються нещільності обмурівки котла).

Здебільшого втрата від хімічної неповноти згорання q_3 залежить від температури в топці котла. Втрати від неповноти згорання також залежать від надлишку повітря, але головним чином вони визначаються якістю перемішування палива й повітря. Ці втрати повинні бути близькими до нуля при правильно організованому горінні.

Швидкість реакції горіння залежить від температури, тому при зниженні навантаження падає температура в топці і СО не встигає окислитися в CO_2 і у відхідних газах збільшується СО і q_3 зростає.

При спалюванні вуглецю відбувається наступні реакції:



Втрата теплоти від механічної неповноти згорання має місце при спалюванні твердого палива. Вона залежить від якості помелу, способу спалювання та часу перебування коксової частинки в топці котла, і для даного котла дорівнює 0.

Зменшення коефіцієнта надлишку повітря сприяє: зниженню змісту кисню (O_2), підвищенню ККД й, як наслідок, зниженню температури димових газів і споживання електроенергії вентилятором і димососом. При цьому зменшується вихід шкідливих окислів азоту (NO_x).

Поява хімічного недопалення (СО) визначає границю припустимого впливу на зменшення подачі повітря. Ця границя є гнучкою й залежить від характеристик пальникових пристроїв, теплового навантаження казана. Область економічно вигідного режиму спалювання палива відповідає малим значенням кисню (0,5...1,5%) і появі «слідів» q_3 , тобто змісту оксиду вуглецю на рівні 120...600 мг/м³. Робота в цій зоні може бути забезпечена тільки автоматичною корекцією роботи пальникових пристроїв.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Впровадження технологічних рішень, спрямованих на організацію горіння з низьким або гранично низьким коефіцієнтом надлишку повітря - це маловитратний й ефективний спосіб економії палива з одночасним зменшенням утворення шкідливих речовин у топленні. При цьому необхідно підтримувати подачу повітря так, щоб значення коефіцієнта α перебувало в досить вузькій області, нижню границю якої визначає поява слідів оксиду вуглецю, а верхню - ріст втрат теплоти з газами, що йдуть, і підвищення інтенсивності утворення оксидів азоту, що супроводжує росту концентрації вільного кисню.

Високої ефективності спалювання палива з низькими значеннями α можна досягти навіть на існуючому газопальниковому устаткуванні, тільки при використанні систем безперервного контролю й регулювання співвідношення «паливо-повітря». Це вимагає розробки надійних, легких у керуванні систем регулювання подачі повітря в топку котла, що швидко окупаються.

При розрахунку парового котла коефіцієнт надлишку повітря у топці був 1,05. Далі внаслідок присосу повітря він піднявся до 1,15. Розглянемо, як зміна цієї величини впливатиме на параметри котла. Розрахунок ведеться за методикою, що викладена у п. 4.2. Результати розрахунку приведені на кресленні.

Видно, що при зменшенні коефіцієнту надлишку повітря, збільшується кількість тепла, яка передається у топці (внаслідок збільшення температури газів). Внаслідок цього температура газів на виході з топки теж зростає, і температурний перепад між газами і водою у конвективному пучку збільшується. Проте зменшення витрати робочого тіла приводить до зниження кількості тепла, що передається у конвективному пучку. Внаслідок цього сумарна кількість тепла, що передається у котлі незначно зростає з відповідним збільшенням ККД. Проте при невисокому початковому значенні коефіцієнту надлишку повітря (1,05) ефект від його зниження буде незначним.

Таким чином, запропоноване технічне рішення зі зменшенням коефіцієнту надлишку повітря не приведе до істотного підвищення економічності парового котла.

4.3.4. Зменшення теплових втрат до навколишнього середовища

Для забезпечення безпеки роботи персоналу, а також для зниження втрат теплоти у навколишнє середовище на котлі передбачені обмуровування та теплова ізоляція. Втрати в навколишнє середовище залежать від конструктивних особливостей котла, але головним чином від стану обмуровування, звичайно вони відносно невеликі. Теплова ізоляція котельних агрегатів не дозволяє уникнути теплових втрат у навколишнє середовище, тому її необхідно враховувати в тепловому балансі.

4.3.5. Зменшення температури вихлопних газів

Димові гази мають остаточну температуру і несуть в собі значний тепловий потенціал, якщо його не використовувати, то дана енергія збільшує витратну частину балансу. Зниження температури відхідних газів на 10 °С дає економію приблизно 0,6%.

Необхідність в більш глибокому охолодженні продуктів горіння приводить до встановлення додаткових конвективних поверхонь нагрівання. Економайзерні поверхні нагріву призначені для попереднього підігріву живильної води теплотою продуктів згорання, що відходять з котла.

Водяні економайзери та повітропідігрівники відносяться до "хвостових поверхонь котла" і розташовуються в опускній конвективній шахті. Відповідно до призначення економайзери поділяють на киплячі та некиплячі.

Некиплячі економайзери догрівають воду до температури на 50°C меншої температури насичення, а киплячі економайзери до вищих температур. Економайзери виконують з пакета сталевих або чавунних труб. Чавунні економайзери можуть бути тільки некіплячими, а сталеві киплячими або некиплячими.

Сталеві економайзери виконують із труб діаметром 28...30 мм, розташованих у шаховому порядку. Тому сталеві економайзери є більш компактними, але створюють більший опір руху газів.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Чавунні економайзери виконують з чавунних труб довжиною 1,5, 2 і 3 м діаметром 76×8 мм з квадратними ребрами 150×150 мм. Кількість труб в ряду повинна забезпечувати швидкість газів 8...12 м/с. Кількість рядів визначається за тепловим розрахунком.

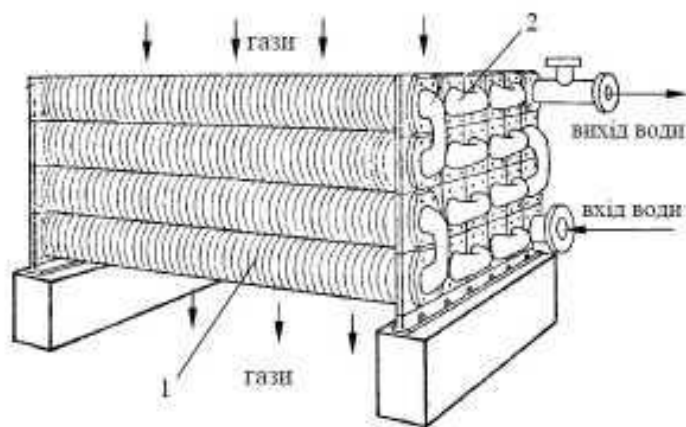


Рис. 4.3 Конструкція чавунного економайзера: 1 – ребриста труба, 2 – калач для перепуску води

Під час експлуатації температура відхідних газів підвищується за рахунок зовнішнього забруднення поверхонь нагріву, тому необхідно регулярно проводити їх очистку. Обдування коридорних пучків і топки проводиться один раз за зміну. Шахові пучки і труби повітропідігрівника необхідно очищати дробоочисткою. Дробоочистка проводиться один раз за добу при підвищеному розрідженні (10...15 мм вод. ст.) протягом 10...15 хв. Очистка починається з топки і закінчується кінцевою хвостовою поверхнею нагріву. Останнім часом застосовують імпульсну очистку поверхонь нагріву.

Для зручності очищення пакети економайзера виконують глибиною до 1 м з відстанями між макетами 550...600 мм. Для виключення кисневої корозії швидкість води у трубах приймають не менше 555...600 кг/(м²·с).

Встановлення додаткових теплообмінників призводить до збільшення металоємності, витрат на обслуговування, вартості теплогенератора та зменшення його конкурентоспроможності на зовнішньому та внутрішньому ринках.

Розглянемо вплив температури вихідних газів на економічність парового котла. Розрахунок ведеться за методикою що викладена у п. 4.2. Результати розрахунку приведені на кресленні. Значення температура обмежується величиною

температури газів на виході з конвективного пучка (239,5°C, економайзер відсутній) і температурою живильної води (100°C).

Видно, що при температурі відхідних газів, через зменшення витрати теплоносія зростає температура у топці, і збільшується кількість тепла, яка передається в ній. Внаслідок цього температура газів на виході з топки зменшується, і температурний перепад між газами і водою у конвективному пучку знижується. Це, а також зменшення витрати робочого тіла приводить до зниження кількості тепла, що передається у конвективному пучку. Проте зі зменшенням температури вихідних газів зростає, кількість тепла, що передана в економайзері.

Внаслідок цього сумарна кількість тепла, що передається у котлі суттєво зростає з відповідним збільшенням ККД: з 87,7% (без економайзера) до 93,9 % (при температурі на виході котла 110°).

Таким чином, запропоноване технічне рішення зі зменшення коефіцієнту надлишку повітря, приводить до істотного підвищення економічності парового котла. Конкретну температуру вихідних газів буде прийнято за результатами конструктивного розрахунку економайзера (розділ 5).

Висновки за розділом

У розділі було проведено дослідження парових котлів, зокрема котла ДЕ-10-14, з метою визначення шляхів підвищення їхньої ефективності та економічності.

Шляхи підвищення ефективності парових котлів:

Теплогенератори (парові та водогрійні котли) малої та середньої потужності є одними з основних споживачів природного газу в Україні.

Парові котли генерують пару для промислових потреб, а також для теплопостачання систем опалення та вентиляції.

Енергозбереження в котельнях та теплових мережах, враховуючи їхню потужність, може дати значний економічний ефект навіть при зменшенні споживання енергії на кілька відсотків.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основна мета енергозберігаючої політики – зменшити витратну частину енергетичних балансів систем.

Перспективним напрямком оптимізації є технологічне вдосконалення вже встановлених котлів, орієнтоване на причини неекономічного спалювання палива та утворення шкідливих речовин, а не будівництво нових.

Основні фактори, що впливають на економічність котла:

Втрати теплової енергії від хімічної неповноти згорання палива – спричинені недосконалістю процесів у топках.

Втрати тепла з димовими газами – викликані високою температурою димових газів, низькою ефективністю теплообміну, великим коефіцієнтом надлишку повітря та його присосами у тракті котла.

Втрати тепла у навколишнє середовище від котлів – пов'язані з високою температурою стінки котла.

Дослідження методів підвищення економічності котлів:

1. Вдосконалення процесів у топках

Недоліком є відносно невисока ефективність променевого теплообміну в топкових камерах, що пов'язано, зокрема, з низьким ступенем чорноти випромінюючих димових газів, нераціональною конструкцією та організацією горіння.

Існує обмеження по температурі димових газів на виході з топки (не нижче 850...900 °С) для запобігання хімічній неповноті горіння та забезпечення стабільності процесу.

Дослідження показали, що використання вторинних випромінювачів для підвищення ступеня чорноти факела, хоч і збільшує передачу тепла в топці, але не призводить до істотного підвищення ККД котла, оскільки це знижує температуру газів на виході, зменшуючи теплопередачу в конвективному пучку.

2. Зменшення коефіцієнту надлишку повітря (α)

Втрати тепла з газами, що виходять, залежать від температури та об'єму димових газів, тобто від коефіцієнту надлишку повітря α . Збільшення α на 0,1 дає перевитрату палива на 0,7%.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зменшення присосів повітря на 0,1% дає економію 0,5% витрати палива. Для боротьби з присосами необхідне опресування котла.

Зменшення α сприяє зниженню вмісту кисню, підвищенню ККД, зниженню температури димових газів, зменшенню споживання електроенергії та зниженню виходу шкідливих оксидів азоту (NOx).

Економічно вигідний режим горіння відповідає малим значенням кисню (0,5...1,5%) і появі "слідів" хімічного недопалення.

Розрахунок показав, що при невисокому початковому α (1,05), ефект від його зниження незначний, і це не призведе до істотного підвищення економічності парового котла.

3. Зменшення температури вихлопних газів

Зниження температури відхідних газів на 10°C дає економію до 0,6%.

Для більш глибокого охолодження продуктів горіння встановлюють додаткові конвективні поверхні нагрівання, такі як економайзери та повітропідігрівники. Економайзери підігрівають живильну воду теплотою відхідних продуктів згоряння.

Розрахунок показав, що зменшення температури вихідних газів (шляхом встановлення економайзера) істотно збільшує ККД котла: з 87,7% (без економайзера) до 93,9% (при температурі на виході 110 °C).

Найбільш ефективним заходом для підвищення економічності парового котла ДЕ-10-14 є зниження температури вихідних газів шляхом встановлення додаткових конвективних поверхонь нагрівання, зокрема водяного економайзера. Інші розглянуті заходи — підвищення ступеня чорноти факела та зниження коефіцієнта надлишку повітря — не дають суттєвого економічного ефекту в даному випадку.

					ВКР.144.6241м.01.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Конструкторський розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.										
Керівник	Шаповалов ЮО								НУК		
Консульт.											

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Розробка економайзера

Для підвищення паливної економічності котельної установки живильну воду, що йде до котла, підігрівують теплом виходящих газів у додаткових підігрівачах – економайзерах. Економайзери виготовляють з гладких або ребристих чавунних або сталевих труб.

Пакет даного економайзера містить паралельно увімкнуті змійовики орєб- рених сталевих труб з'єднаних калачами, оскільки така конструкція забезпечує вільне переміщення труб при нагріванні. При роботі поверхні нагрівання по змійовикам рухається вода, а в міжтрубному просторі - димові гази. В результаті теплообміну між димовими газами та водою через стінки труб останні зазнають теплове розширення (подовжуються), але завдяки дистанційним пристроям, що виконані у вигляді кілець, мають можливість вільного осьового переміщення, і додаткові напруги в кріпленнях не виникають, що підвищує надійність пристрою. У разі виходу з ладу будь-якого з змійовиків, його вилучають з трубного пакету через люк.

Розрахунки, що проведені у Розділі 4, показали, що використання економайзера істотно підвищує ККД котла. Проте при цьому повинна збільшуватись площа теплообмінної поверхні економайзера, його габарити та маса. Тому остаточний вибір температури відхідних газів буде виконаний за результатами конструкторського розрахунку економайзера.

5.1. Вихідні данні для розрахунку економайзера

Температура і ентальпія газів за котельним пучком (на вході до економайзе-

ра): $t_{з.к.п} := 237$ $H_{кп.г} := 3.954 \times 10^3$

Температура і ентальпія газів на виході із економайзера

$t_{від} := 150$ $H_{ек.г} := 2.481 \times 10^3$

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Температура повинна знаходитись у діапазоні від 239,5°C (економайзер відсутній) до температури живильної води (100°C). Нижче приведені розрахунки для температури на виході з економайзера 150°C.

Паропродуктивність котла, кг/с,	$D := 2.778$
Витрата палива, що подається до топки котла, м ³ /с:	$B := 0.204$
Величина безперервної продувки парового котла, %, $p_{пр}$	$p_{пр} := 3$
Дійсний сумарний об'єм продуктів згоряння, м ³ /м ³ :	$V_{екг} := 11.979$
Коефіцієнт збереження теплоти:	$\phi := 0.982$

5.2. Геометрія поверхні теплообміну

Труби у пучку виконані зі спіральним стрічковим оребренням, компоновка шахова. Схема руху теплоносіїв у економайзері - багаторазова перехресна течія.

Діаметр несучої труби зовнішній (прийнято), м,	$d_{ек} := 0.040$
Товщина труб, м,	$\delta_{тр.ек} := 0.003$
Висота ребер, м,	$h_p := 0.015$
Крок ребер, м,	$s_p := 0.008$
Товщина ребер, м,	$\delta_p := 0.001$
Зовнішній діаметр ребер, м,	$d_p := d_{ек} + 2 \cdot h_p = 0.07$
Крок труб поперечний, м,	$s_{1ек} := 0.08$
Крок труб поздовжній, м,	$s_{2ек} := 0.07$
Відносний крок:	
поперечний	$\sigma_{1ек} := \frac{s_{1ек}}{d_{ек}} = 2$
поздовжній	$\sigma_{2ек} := \frac{s_{2ек}}{d_{ек}} = 1.75$
Коефіцієнт запасу поверхні	$k_F := 0.9$

5.3. Розрахунок економайзера

Теплота, яку мають віддати продукти згоряння в економайзері з рівняння теплового балансу при прийнятій температурі відхідних газів, кДж/м³,

$$Q_{\text{б.ек}} := \phi \cdot (H_{\text{кп.г}} - H_{\text{ек.г}}) = 1.446 \times 10^3$$

Ентальпія води після водяного економайзера, кДж/кг:

$$h_{\text{ек.вих}} := h_{\text{ж.в}} + \frac{B \cdot Q_{\text{б.ек}}}{D + p_{\text{пр}} \cdot 0.01 \cdot D} = 523.228$$

Температура води на виході з економайзера, °C

$$t_{\text{ек.вих}} := \frac{h_{\text{ек.вих}}}{4.2} = 124.578$$

Відносний діагональний крок:

$$\sigma_{2\text{д.ек}} := \sqrt{\sigma_{1\text{ек}}^2 \cdot 0.25 + \sigma_{2\text{ек}}^2} = 2.016$$

Параметр пучка

$$\phi_{\sigma.\text{ек}} := \frac{\sigma_{1\text{ек}} - 1}{\sigma_{2\text{д.ек}} - 1} = 0.985$$

Кількість ребер на метр довжини труб

$$z_p := \frac{1}{s_p} = 125$$

Площа поверхні гладкої частини труби (без ребер) на метр довжини, м²,

$$H_{\text{гл1}} := \pi \cdot d_{\text{ек}} \cdot (1 - z_p \cdot \delta_p) = 0.11$$

Площа поверхні ребер на метр довжини труби, м²

$$H_{\text{рб1}} := \left[\frac{\pi \cdot (d_p^2 - d_{\text{ек}}^2)}{4} \right] \cdot 2 \cdot z_p + \pi \cdot d_p \cdot \delta_p \cdot z_p = 0.675$$

Повна площа поверхні нагріву з газової сторони на метр труби, м²,

$$H_1 := H_{\text{гл1}} + H_{\text{рб1}} = 0.785$$

Поверхня з внутрішньої сторони на метр труби, м²,

$$H_{\text{вн1}} := \pi \cdot (d_{\text{ек}} - 2 \cdot \delta_{\text{тр.ек}}) \cdot 1 = 0.107$$

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Відношення

$$N = H_{p6} / H$$

$$N := \frac{\left(\frac{d_p}{d_{ек}}\right)^2 - 1}{\left(\frac{d_p}{d_{ек}}\right)^2 - 1 + 2 \cdot \left[\left(\frac{s_p}{d_{ек}}\right) - \left(\frac{\delta_p}{d_{ек}}\right)\right]} = 0.855$$

Відношення

$$M = H_{гл} / H$$

$$M := 1 - N = 0.145$$

Середня температура газів, °С,

$$t_{ср.ек} := 0.5(t_{з.к.п} + t_{від}) = 193.5$$

Довжина газоходу (приймається), м $l_{ек} := 2.10$

Ширина газоходу (приймається), м $b_{ек} := 0.6$

Площа живого перерізу для проходу газів, м²,

$$f_{Г.ек} := b_{ек} \cdot l_{ек} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{\sigma l_{ек}}\right) \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{h_p \cdot \delta_p}{s_p \cdot d_{ек}}\right)\right] = 0.571$$

Кількість труб одного ряду

$$z_{1ек} := \frac{b_{ек}}{s_{1ек}} = 7.5 \text{ прийнято } z_{1ек.пр} := 8$$

Середнє значення швидкості газів в УК, м/с,

$$w_{Г.ек} := \frac{B \cdot V_{екГ} \cdot (t_{ср.ек} + 273)}{273 \cdot f_{Г.ек}} = 7.314$$

Площа поверхні нагріву одного ряду з газової сторони, м²,

$$F_p := H_1 \cdot l_{ек} \cdot z_{1ек.пр} = 13.195$$

Фізичні характеристики газів при середній температурі

Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К), $\lambda_{гек} := 0.04$

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\text{м}^2/\text{с}$, $\nu_{\text{гек}} := 2.932 \times 10^{-5}$

Поправка на кількість рядів (прийнято попередньо для $z_2 = 10$): $C_{\text{зек}} := 1.0$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від газів до стінки труб, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

$$\alpha_{\text{кек}} := 0.23 \cdot C_{\text{зек}} \cdot \phi_{\sigma, \text{ек}}^{0.2} \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{гек}}}{s_p} \right) \cdot \left(\frac{d_{\text{ек}}}{s_p} \right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h_p}{s_p} \right)^{-0.14} \cdot \left(\frac{w_{\text{г.ек}} \cdot s_p}{\nu_{\text{гек}}} \right)^{0.65} = 61.481$$

Коефіцієнт забруднення труб ззовні для газу, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, $\varepsilon_{\text{ек}} := 0.002$

Відношення $\frac{d_p}{d_{\text{ек}}} = 1.75$

Коефіцієнт, який ураховує нерівномірну тепловіддачу по поверхні ребра,

$$\psi_{\text{рб}} := 0.85$$

Коефіцієнт теплопровідності металу ребр, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\lambda_{\text{м}} := 50$

Параметр ребра, $1/\text{м}$,

$$\beta_{\text{ек}} := \sqrt{\frac{2 \cdot \psi_{\text{рб}} \cdot \alpha_{\text{кек}}}{\delta_p \cdot \lambda_{\text{м}} \cdot (1 + \varepsilon_{\text{ек}} \cdot \psi_{\text{рб}} \cdot \alpha_{\text{кек}})}} = 43.504$$

Добуток $\beta_{\text{ек}} \cdot h_p = 0.653$

Поправка на циліндричну основу ребра

$$\varepsilon_{\text{цил}} := 1 + 0.09 \cdot \left[\left(\frac{d_p}{d_{\text{ек}}} \right) - 1 \right] \cdot \beta_{\text{ек}} \cdot h_p = 1.044$$

Коефіцієнт ефективності ребра

$$E_{\text{ек}} := \frac{\tanh(\beta_{\text{ек}} \cdot h_p)}{\beta_{\text{ек}} \cdot h_p \cdot \varepsilon_{\text{цил}}} = 0.842$$

Коефіцієнт, що ураховує збільшення товщини ребра біля його основи

$$\mu := 1.01$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі з газової сторони, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

$$\alpha_{1\text{прек}} := (N \cdot E_{\text{ек}} \cdot \mu + M) \cdot \frac{\psi_{\text{рб}} \cdot \alpha_{\text{кек}}}{1 + \varepsilon_{\text{ек}} \cdot \psi_{\text{рб}} \cdot \alpha_{\text{кек}}} = 41.248$$

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до повної поверхні з газової сторони, Вт/(м²·К),

$$k_{ек} := \alpha_{1прек} = 41.248$$

Менший температурний напір при протитечії, °С:

$$\Delta t_{мек} := t_{від} - t_{ж.в} = 50$$

Більший температурний напір при протитечії, °С:

$$\Delta t_{бек} := t_{з.к.п} - t_{ек.вих} = 112.422$$

Температурний напір, °С:

$$\Delta t_{ек} := \frac{\Delta t_{бек} - \Delta t_{мек}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{бек}}{\Delta t_{мек}} \right)} = 77.042$$

Площа поверхні нагріву економайзера, м²:

$$F_{ек} := \frac{B \cdot Q_{б.ек} \cdot 10^3}{k_{ек} \cdot \Delta t_{ек} \cdot k_F} = 103.176$$

Кількість рядів труб економайзера

$$z_{2ек} := \frac{F_{ек}}{F_p} = 7.82 \quad \text{Прийнято } z_{2прек} := 8$$

Висота поверхні теплообміну економайзера

$$H_{ек} := s_{2к.п} \cdot z_{2ек} = 0.722$$

Прийнята площа поверхні нагріву економайзера, м²:

$$F_{ек.пр} := z_{2прек} \cdot F_p = 105.558$$

На кресленні показана зміна площі теплообмінної поверхні економайзера та його висоти. Видно, що після температури вихідних газів 150°С, ці величини починають різко зростати.

Виходячи з цього остаточно приймаємо температуру вихідних газів 150°С. Конструкція економайзера приведена на кресленні.

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Уточнимо економічні параметри парового котла

Втрата теплоти з відхідними газами, %:

$$q_2 := \frac{(H_{\text{від}} - \alpha_{\text{ек}} H_{0\text{х.пов}})(100 - q_4)}{Q_{\text{нвг}}} = 5.815$$

ККД бруutto котлоагрегату:

$$\eta_{\text{к.а}} := 100 - (q_2 + q_3 + q_5) = 91.985$$

Витрата палива, що подається до топки котла, м³/с:

$$B := \frac{Q_{\text{к.а}} \cdot 100}{Q_{\text{нвг}} \cdot \eta_{\text{к.а}}}$$

$$B = 0.204$$

$$\phi := 1 - \frac{q_5}{\eta_{\text{к.а}} + q_5}$$

Коефіцієнт збереження теплоти:

$$\phi = 0.982$$

Висновки за розділом

Проектування економайзера підтверджує його важливість для підвищення ефективності котельної установки та дозволяє визначити оптимальні конструктивні та економічні параметри.

Економайзер розроблений для підвищення паливної економічності котельної установки шляхом підігріву живильної води теплом димових газів, що відходять. Проведені розрахунки показали, що його використання істотно підвищує ККД котла.

Для даного економайзера прийнято конструкцію з паралельно увімкнених змійовиків оребрених сталевих труб, з'єднаних калачами.

Економайзери загалом виготовляють з гладких або ребристих чавунних або сталевих труб. У міжтрубному просторі рухаються димові гази, а по змійовиках — вода.

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Конструкція забезпечує вільне осьове переміщення труб при тепловому розширенні завдяки дистанційним кільцеподібним пристроям, що запобігає виникненню додаткових напруг у кріпленнях і підвищує надійність.

Застосовано труби зі спіральним стрічковим оребренням та шахова компоновка пучка.

Було встановлено, що після температури відхідних газів у 150°C площа теплообмінної поверхні та висота економайзера починають різко зростати. Таким чином, за результатами конструкторського розрахунку остаточно прийнята температура вихідних газів 150°C.

Кінцеві економічні показники (з економайзером):

Втрата теплоти з відхідними газами: 5,815%;

ККД брутто котлоагрегату: 91,985%

Прийнята площа поверхні нагріву економайзера складає 105,558 м².

					ВКР.144.6241м.01.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.01.06.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Заклучний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Богдан А.П.										
Керівник	Шаповалов ЮО										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ

У кваліфікаційній роботі проведена реконструкція котельні тепловою потужністю 6,5 МВт, яка включає заміну чавунних економайзерів сталевими з оребреною поверхнею нагріву. Заміна чавунних економайзерів сталевими з газощільним виконанням газоходів виключає присоси холодного повітря. Це дозволяє знизити втрату теплоти з відхідними газами та підвищити ККД котельного агрегату з 90% до 92%. Крім того, зменшення об'єму димових газів знижує витрати електроенергії на привод димососа. Реконструкція котельні підвищує її ККД нетто з 81% до 82,3%.

В роботі проведений розрахунок теплового навантаження котельні у зв'язку з розбудовою мікрорайону та збільшенням споживачів тепла та розрахунок теплової схеми з метою визначення паропродуктивності котельних агрегатів та витрат пари на власні потреби.

Виконано розрахунки системи газопостачання котельні та водопом'якшувальної установки. Вибрано необхідне допоміжне обрання котельні (мережні насоси, живильні насоси, димососа, дуттьового вентилятора, деаератора. Проведена перевірка працездатності установки хімводоочищення (натрій-катіонітні фільтри другого ступеня) підтвердила, що система дозволяє очищувати необхідну кількість води без заміни установки.

Проведено дослідження парових котлів. Виконано перевірочний тепловий розрахунок котла ДЕ-10-14 зі сталевим оребреним економайзером на 100%-му навантаженні на природному газі, визначено його ККД та витрату палива. Запропоноване технічне рішення, яке полягає у зменшенні коефіцієнту надлишку повітря, що приводить до істотного підвищення економічності парового котла.

Конструкційні розрахунки економайзера підтвердили його важливість для підвищення ефективності котельної установки та визначили оптимальні конструктивні та економічні параметри. Розрахунки показали, що використання економайзера істотно підвищує ККД котла.

					ВКР.144.6241м.01.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алабовський О. М., Боженко М. Ф., Хоренженко Ю. В. Проектування котелень промислових підприємств. Київ : Вища школа, 1992. 270 с.
2. Балдіна О. М., Локшина В. А., Петерсон Д. Ф. Гідравлічний розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод. Київ : Енергія, 1998. 256 с.
3. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я. В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. Київ : Кондор-Видавництво, 2019. 256 с.
4. ДБН В.2.5.-77:2014. Котельні. [Електронний ресурс]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59086
5. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82086
6. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47699
7. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. URL: <https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf>.
9. Константінов С. М., Панов Є. М. Теоретичні основи теплотехніки: підручник. Київ : Золоті ворота, 2012. 592 с.
10. Кравченко В. С. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2006. 353 с.
11. Методичні вказівки до виконання студентами самостійної роботи з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» для студентів спеціальності «Теплоенергетика» / Уклад. Д.В. Степанов. Вінниця : ВНТУ, 2017. 34 с.
12. Радовенчик Я. В., Гомеля М. Д. Фізико-хімічні методи доочищення води. Підручник. Київ : Кондор-Видавництво, 2016. 264 с.

					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

13. Степанов Д. В., Корженко Є. С., Бондар Л. А. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2011. 120 с.
14. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.

					ВКР.144.6241м.01.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		