

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

**Кваліфікаційна робота**  
**другий магістерський**  
(рівень вищої освіти)

на тему: «Аналіз ефективності роботи котла в умовах Концерну «Міські теплові мережі»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18-2мз  
Спеціальності 144 теплоенергетика  
(код і назва спеціальності)  
освітньої програма Теплоенергетика  
(код і назва освітньої програми)  
спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

Д.О. Кавецька

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.тн. Ю.М. Каюков  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент Головний інженер Філії Концерну  
«Міські теплові мережі» Вознесенівського району

А.П Сафонов  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 26 » 12 20 19 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кавецькій Дір'ї Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз ефективності роботи котла в умовах Концерну «Міські теплові мережі»

керівник роботи Каюков Юрій Миколайович, доцент, к.тн, кафедри ТГЕ

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

затвержені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року № 1537-с

2 Строк подання студентом роботи 26 грудня 2019 року

3 Вихідні дані до роботи котел ТВГ-8М, температурний графік котельні 140-70 °С

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.1 Характеристика Концерну «Міські теплові мережі».

1.2 Характеристика котельної по вул. Цитрусова, 9. 1.3 Характеристика котла

ТВГ-8М. 1.4 Еколого теплотехнічні випробування котла. 1.4 Програма

виконання робіт по еколого теплотехнічним випробуванням котла ТВГ-8М.

2.1 Нормативні джерела та настанови по вимірюванню та визначенню

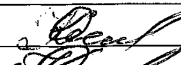





складових теплового балансу котла. 2.2 Обладнання та прилади які

вистосовувались для визначення складових теплового балансу та визначення

ККД ТВГ-8М. 2.3 Розрахунок на основі прямих методів вимірювання.  
2.4 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від роботи котельні.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових к

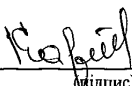
5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Каюков Ю.М., доцент, к.тн.		
2	Каюков Ю.М., доцент, к.тн.		
3	Каюков Ю.М., доцент, к.тн.		

6 Дата видачі завдання 10 вересня 2019 року №1537-с

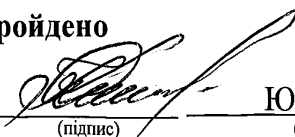
**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
1	Аналіз літературних джерел	10.10.2019	
2	Характеристика об'єкту дослідження	20.10.2019	
3	Розрахунок викидів забруднюючих речовин. Тепловий розрахунок	15.11.2019	
4	Обробка результатів. Побудова графіків	25.11.2019	
5	Охорона праці	01.12.2019	
6	Оформлення графічного матеріалу	15.12.2019	
7	Оформлення магістерської роботи	26.12.2019	

Студент  Д.О. Кавецька  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  Ю.М. Каюков  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер  Ю.М. Каюков  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Кавецька Д.О. Аналіз ефективності роботи котла в умовах Концерну «Міські теплові мережі».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник Ю.Г. Каюков. Запорізька державна інженерна академія. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2019.

В роботі наведено основні показники оцінки екологічного стану котелень. Проведені фактичні виміри концентрацій забруднюючих речовин у викидах котельні, з використанням отриманих даних про викиди, проведені розрахунки територіального розподілу концентрації шкідливих речовин в місті.

Ключові слова: КОТЕЛ, ПАЛИВО, ОЦІНКА ВПЛИВУ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.

## ABSTRACT

Kavetska D.O. Analysis of boiler operating efficiency in the conditions of Concern "Urban Thermal Networks".

Qualification graduation work for the degree of master's degree in specialty 144 - Heat Power Engineering, supervisor Yu. Kayukov. Zaporizhzhya State Engineering Academy. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Heat and Hydropower, 2019.

The main indicators of estimation of ecological status of boiler houses are presented in the work. Actual measurements of pollutant concentrations in the boiler house emissions were carried out, using the received emission data, calculations of the territorial distribution of the concentration of harmful substances in the city were made.

Keywords: BOILER, FUEL, IMPACT ASSESSMENT, ATMOSPHERIC AIR.

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....

1.1 Характеристика Концерну «Міські теплові мережі» м. Запоріжжя...

1.2 Характеристика котельної по вул. Цитрусова, 9.....

1.3 Характеристика котла ТВГ-8М .....

1.4 Еколого теплотехнічні випробування котла .....

1.5 Програма виконання робіт по еколого-теплотехнічному випробуванню водогрійного котла типу ТВГ-8М .....

### 2 ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ТВГ-8М З ВИЗНАЧЕННЯМ СКЛАДОВИХ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ .....

2.1 Нормативні джерела та настанови по вимірюванню та визначенню складових теплового балансу котла.....

2.2 Обладнання та прилади які застосовувались для визначення складових теплового балансу та визначення ККД ТВГ-8М.....

2.3 Розрахунок на основі прямих методів вимірювання.....

2.4 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від роботи котельні.....

2.5 Характеристика викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що відводяться від окремих типів обладнання і споруд та надходять в атмосферне повітря.....

2.6 Методика обробки результатів випробувань .....

2.7 Розрахунок об'єму повітря для горіння, склад та тепловміст продуктів згорання

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....

3.1. При підготовці котла до розпалення оператор повинен.....

3.2. При розпаленні котлів оператор повинен.....

3.3 При включенні котла в роботу оператор повинен.....

- 3.4 При роботі котла оператор повинен.....
- 3.5 При зупинці роботи котла оператор повинен.....
- 3.6 При аварійних ситуаціях оператор зобов'язаний.....
- 3.7 При виконанні ремонтних робіт оператор повинен.....
- 3.8 Відповідальність оператора.....

ВИСНОВОК.....

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* Охорона оточуючого середовища є однією з важливих задач нашої країни, включаючи охорону повітря. Проблеми енергозбереження та покращення умов довкілля стали пріоритетними в світовій енергетичній практиці. Основними напрямками вирішення цих нагальних проблем, зокрема в малій енергетиці, є покращення екологічності котельних установок та підвищення ефективності використання в них палива. Актуальним є питання оцінки екологічного впливу об'єктів, що дозволяє вчасно попередити та виявити можливі загрози екології та, що також дуже важливо, здоров'ю людини.

*Об'єкт дослідження* - процес формування та розповсюдження в атмосфері забруднюючих речовин які містяться у викидах котелень, що працюють на газі.

*Предмет дослідження* - методи та засоби вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах котелень, а також модель їх розповсюдження в атмосфері.

*Мета роботи* - аналіз екологічної ефективності та екологічного впливу котелень на рівні забруднення атмосферного повітря

*Наукова новизна роботи* - полягає у вдосконаленні методики розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин.

*Практичне значення* - розглянуті основні показники оцінки екологічного стану котелень. Проведені фактичні виміри концентрацій забруднюючих речовин у викидах котельні, з використанням отриманих даних про викиди, проведені розрахунки територіального розподілу концентрації шкідливих речовин в місті.

*Структура та обсяг роботи.* Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з позицій. Загальний обсяг роботи – сторінок.

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Характеристика Концерну «Міські теплові мережі» м. Запоріжжя

Запоріжжя є одним з великих промислових міст України.

На початку 30-х років минулого століття, коли на Дніпрі була споруджена Дніпровська ГЕС і на її базі будувалися великі металургійні комплекси, одночасно будувалося соцмісто для будівельників, енергетиків і металургів. В 1932 році була пущена велика для того часу районна котельня з розгалуженими тепловими мережами для потреб центрального опалення й централізованого гарячого водопостачання.

Це була одна з перших таких систем в Україні. Всі магістральні трубопроводи були виконані в прохідних каналах і експлуатуються дотепер. Паливом для котлів служило вугілля.

В 50-х роках почався новий, бурхливий ріст міст. Розвиток цивільного й житлового будівництва вимагало рішення проблем джерел теплової енергії.

Поставка в місто природного газу і його використання як палива для котелень дозволило не тільки поліпшити екологію повітряного басейну міста, але й зробити технічний прогрес у теплоенергетиці міста. Більша частина малопродуктивних котелень у районах міста, що працювали раніше на вугіллі, була газифікована.

Котельні й теплові мережі перебували у віданні домоуправлінь місцевих Рад і ЖКО підприємств. Експлуатація теплового господарства була на низькому рівні, тому що домоуправління практично не мали підготовлених фахівців, а сезонна робота привела до великої плинності й низької кваліфікації кадрів обслуговуючого персоналу.

Назріла необхідність створення в системі комунального господарства нового спеціалізованого підприємства по тепlopостачанню, що об'єднало б в одних руках котельні й теплові мережі й забезпечило їхню належну експлуатацію. Наказом Міністра житлово-комунального господарства УРСР від 30 листопада 1964 року №



443 з 1 грудня 1964 року в місті Запоріжжя було створено « Дирекцію квартальних котельних і теплових мереж «Запорожтепломережа».

Ріст об'єднання з малої «дирекції»спочатку до великого передового об'єднання «Запорожтепломережа», що є еталоном теплоенергетики в Україні, вражає кожного.

Технічний прогрес у виробничому об'єднанні «Запорожтепломережа» був досягнутий колективною працею робітників, ІТП і службовців. Їхня творчість втілилася в новій техніці, технологій й передових методах, широке застосування яких забезпечило підвищення продуктивності праці й технологічного рівня виробництва. Воно здійснило переворот у технічному переозброєнні, оснащенні виробництва найбільш передовою технологією.

Це був період бурхливого розвитку теплоенергетики, що дозволяє й у цей час маючи накопичений досвід, позитивно вирішувати насущні завдання.

Однак згодом ріс рівень інфляції, росли ціни на енергоносії. Технічно застарівало встаткування. У кінцевому результаті теплоенергетика Запоріжжя виявилася у фінансовій і технічній кризі. З метою виходу із цієї кризи, а також з метою надійного й безперервного забезпечення споживачів міста Запоріжжя тепловою енергією й для виконання заходів щодо нормалізації роботи паливно-енергетичного комплексу міста (на підставі рішення 34-й сесії 23-го скликання Запорізької міської ради від 11.10.2002 р. № 17 «Про створення комунальних підприємств теплових мереж») був заснований Концерн «Міські теплові мережі», що об'єднав, створенні з акціонерних товариств, комунальні підприємства теплових мереж районів міста.

Створення Концерну було обумовлено необхідністю контролю процесу виробництва теплової енергії, транспортування її до споживачів, одержання оплати й власних витрат підприємств.

На рахунку підприємства успішно експлуатується 65 котелень, 722469 км теплових мереж, 16 насосних станцій та 52 центральні теплові пункти.

Концерн «Міські теплові мережі» забезпечує теплом та гарячою водою 15073 об'єктів міста, у тому числі 3701 житлових будинків, 549 об'єкта бюджетної сфери, 124 до шкільних закладів, 134 школи, 121 лікарню та інших споживачів.

В Запоріжжі затверджена оптимальна схема теплопостачання, розроблений цілий ряд інвестиційних програм у сфері модернізації теплопостачання.

## 1.2 Характеристика котельної по вул. Цитрусова

Районна котельня призначена для забезпечення теплової енергії (опалення та гарячого водопостачання) користувачів 1, 2, 3, 3а Шевченківських мікрорайонів м. Запоріжжя. У котельній встановлено два котла типу КВГМ -35-150М, два котла ТВГ-8 та один котел ТВГ-8М. Сумарна теплова потужність котельні 94,6 Гкал/час.

Теплопостачання Шевченківських мікрорайонів здійснюється по закритій чотирьох трубній системі. Забезпечення споживачів гарячою водою здійснюється від централізованого вузла гарячого водопостачання котельні по вул. Цитрусова, 9.

Циркуляцію води через котли та у системі теплопостачання у споживачів здійснюється мережними насосами. Мережна вода з зворотної магістралі по двом незалежним вводам через грязевик та засувки, встановлені на кожному вводі, потрапляють в засмоктуючий колектор мережних насосів. Після насосів вода подається загальний колектор, звідки по двом самостійним ниткам на котли ТВГ-8 та котли КВГМ-35-150М. Нагріта у котлах мережна вода після змішання з частиною зворотної мережної води поступає до колектора прямої мережної води та подається у подавальну магістраль тепломережі на мікрорайон.

Мережні насоси 200Д-60 та Д630-90 центробіжні, одноступенчаті с двох стороннім підводом води к робочому колесу у горизонтальній плоскості. В нижній часті корпусу знаходяться всмоктуючі та напірні патрубки. Стальний вал насоса обертається на двох кулько-підшипних опорах. На вал насаджено чавунне колесо та чуване захисні втулки. Мастило підшипників – консистентна. По валу насоси ущільнюються сальниковими ущільнювачами. З'єднання насосів з електродвигунами через муфту.

Насос та електродвигун встановлені на загальній фундаментній плиті або на металевих балках, забитих у бетон. На всмоктуючих трубопроводах насосів встановлені: засувки, манометри, а на нагнітальних: манометр, зворотній клапан, засувка з електроприводом.

У котельні встановлено мережні насоси типу 200Д-60 – 1шт., типу Д630-90 – 4 шт. Характеристика мережних насосів наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика мережних насосів

Тип Д630-90	Тип 200Д-60	Тип Д630-90
H = 90 м.в.ст	H = 89 м.в.ст	H = 78 м.в.ст
G = 630м <sup>3</sup> /год	G = 720м <sup>3</sup> /год	G = 585м <sup>3</sup> /год
n = 1485 об/хв	n = 1485 об/хв	n = 1465 об/хв
Електродвигун А-355L-4	Електродвигун А-355L-5	Електродвигун 4АМИ280S493
N = 250 кВт	N = 320 кВт	N = 320 кВт

Для запобігання «крапки роси» в конвективній частині котла у котельній передбачена рециркуляція. Температура води перед котлами підтримується автоматично за допомогою регулятора рециркуляції у межах 70°С. Рециркуляційні насоси подають воду з колектору виходу води з котлів до колектор входу води у котли. У котельній встановлено рециркуляційні насоси типу НКУ-140 – 2 шт. Характеристика рециркуляційних насосів наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика рециркуляційних насосів

Тип НКУ - 140	Тип НКУ - 140
H = 49 м.в.ст	H = 49 м.в.ст
G = 140 м <sup>3</sup> /год	G = 140 м <sup>3</sup> /год
n = 1470 об/хв	n = 1463 об/хв
Електродвигун 4АМ200L4У3	Електродвигун 5А200L4У3
N = 45 кВт	N = 45 кВт

Для заповнення витоків у теплових мережах в котельній встановлені підживлюючі насоси, які подають хімічно очищену деаеровану воду з деаерованого баку V= 35 м<sup>3</sup> в зворотній трубопровід перед мережними насосами. Для економії

електроенергії встановлено тиристорний преобразувач. Характеристика насосів наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика підживлюючі насосів

Тип FORAS 32-200A	Тип FORAS MN 50 - 250C	Тип KC12 - 50	Тип K80-50-200	Тип KM-50/45
H=60,5 - 38,5 м.в.ст	H=71,5 - 50,5 м.в.ст	H=50 м.в.ст	H=55 м.в.ст	H=45 м.в.ст
G=6 - 36 м <sup>3</sup> /год	G=27 - 78 м <sup>3</sup> /год	G = 12 м <sup>3</sup> /год	G=45 м <sup>3</sup> /год	G=50 м <sup>3</sup> /год
п=2900 об/хв	п=2900 об/хв	п=2900 об/хв	п=2900 об/хв	п=2830 об/хв
Електродв. МА 132 - 2	Електродв. АО51 - 2	Електродв. АО51 - 2	Електродв. АИРХ160S2	Електродв. А2-42-2
N = 10 кВт	N = 20 кВт	N = 4,5 кВт	N = 15 кВт	N = 14 кВт

Насос холодної води служить для підвищення тиску холодної води на вузлі ХВО котельної при нестаточному тиску води у міському водопроводі. У котельній для підвищення тиску холодної води на вузлі ХВО та власні потреби встановлен насос типу К 45/30.

Насос гарячої води служить для подачі води з баків – акумуляторів гарячої води. У котельній встановлені насоси типу П9-АНЦ-150-400, та Д630-90 – 2 шт., та Д320-70. Характеристика насосів гарячої води наведена у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристика насосів гарячої води

Тип П9-АНЦ150-400	Тип Д630-90	Тип Д630-90	Тип Д320-70
H = 50 м.в.ст	H = 78,5 м.в.ст	H = 78,5 м.в.ст	H = 70 м.в.ст
G = 320 м <sup>3</sup> /год	G = 585 м <sup>3</sup> /год	G = 585 м <sup>3</sup> /год	G = 320 м <sup>3</sup> /год
п = 1480 об/хв	п = 1470 об/хв	п = 1475 об/хв	п = 3000 об/хв
Електродвигун 4АМ-81-2	Електродвигун А3315S24	Електродвигун Д1024М	Електродвигун 4АМ250L4Y3
N = 55 кВт	N = 160 кВт	N = 160 кВт	N = 90 кВт

Насоси робочої рідини призначені для подачі води з баку робочої рідини к ежекторам. У котельній встановлені насоси типу 6К-8 – 3шт., та К160-30. Характеристика насосів робочої рідини наведена у таблиці 1.4.

Таблиця 1.5 – Характеристика насосів робочої рідини

Тип К160-30	Тип К160-31	Тип 6К-8
H = 30 м.в.ст	H = 35 м.в.ст	H = 35 м.в.ст
G = 160 м <sup>3</sup> /год	G = 160 м <sup>3</sup> /год	G = 160 м <sup>3</sup> /год
п = 1470 об/хв	п = 1470 об/хв	п = 1470 об/хв
Електродвигун	Електродвигун АО72-4	Електродвигун 4АМ18054У3
N = 22 кВт	N = 30 кВт	N = 22 кВт

Вода на котельні є основним технологічним сирьом . Розрізняють: вихідну, підживлювальну та мережну воду. Вихідною водою для котельні служить вода з міського водопроводу з середньо річною жорсткістю 3,2 мг-екв/л та кількістю розведеного кисню до 12 мг/л. Для обробки вихідної води та доведення її якості до дійсних вимог правил, служить вузол хімводоочистки(ХВО).

Безаварійність та економічність роботи котельної значною мірою залежить від якості підживлювальної води. Підживлювальна вода служить для заповнення витоків води у теплових мережах.

Якість води визначається наступними основними показниками:

- прозорість, що характеризує кількість вмісту у воді зважених мінеральних та органічних речовин;
- сухий залишок, знаходиться методом випарювання певної кількості профільтрованої води з послідуочим висушуванням. Вага залишившихся речовину у грамах, відноситься до одного літру води, є сухим залишком;
- жорсткість, є вмістом у воді солей кальція та магнія;
- лужністю, вмістом гідратів та кальцинованої (збезводненої) соди;
- вмістом розведених у воді газів ( кисню, вуглекислого газу);
- окисляємостю, що указує на забруднення води органічними речовинами;

Обробка води проводиться по схемі одноступенчатого Na – катіонування, де відбувається обмін іонів солей кальція та магнія та іонів солей натрія.

Видалення з води кисню та інших агресивних газів проводиться шляхом термічної вакуумної деаерації.

У співвідношенні з вимогами правил якості підживлювальної води для водогрійних котлів повинна бути:

- загальна жорсткість – не більше 350 мкг-екв/л;
- вміст розчиненого кисню не більше – 30 мкг/л;
- вміст вільної вільної вуглекислоти не допущено;
- вміст зважених сполук – не більше 5 мг/л;
- показник  $P_n$  не менше 7.

Сира вода на ХВО та власні потреби (пожаротушення, сантехнічні потреби, охолодження підшипників и т. ін.) надходить з міського водопроводу по двом трубопроводам Ø 100 мм в приміщенні котельної проходить через водомірний вузол потрапляє в трубопровід сирі води котельної. Потім через водомірний вузол, вода по трубопроводу сирі води потрапляє на 3-х секційний підогрівач ( Ø 200 мм, L=2м, F=12,6 м<sup>2</sup>), де нагрівається до температури (30...40)°С та потім на Na-катіонний фільтри Ф-1, 2 та Ф-3, 4.

Пристрій Na-катіонових фільтрів. Фільтр являє собою металевий посуд циліндричної форми з фєєричним днищем та комунікацією трубопроводів. В верхній частині фільтра розташовано верхнє розподільче обладнання (променеве) для рівномірного розподілення води що надходить, у нижній частині – нижня розподільче обладнання (колпачкове), що складається з системи труб.

Для ремонту та засипу катіоніта у фільтрі мається два люки у нижній та верхній частині. Фільтри заповнені катіонітом AQUALITE K-100NA.

Проходячи через фільтр, пом'якшена вода потрапляє на 4-х секційний підігрівач (Ø 200 мм, L=2 м, F=25,2 м<sup>2</sup>), де нагрівається до температури (70...80)°С та далі поступає на деаераційну установку. Необхідна температура води підтримується регулятором температури хімічно очищеної води.

Захист від корозій поверхності нагріву котлів, теплообмінних пристроїв та трубопроводів виявляється шляхом видалення з підживлювальної води та води гарячого водопостачання корозійно-агресивних газів (кисню та вільної вуглекислоти).

Для цих цілей у котельні встановлено вакуумний деаератор, працюючий при розрядженні (0,6...1) кгс/см<sup>2</sup> та температурі деаерованої води від 65 °С до 80 °С. Деаераційна установка включає в себе дві деаерованні колонки типу ДСВ-25, вузол ежекторів, бак-деаератор  $V=35 \text{ м}^3$ .

Вода температурою (70...80) °С поступає в вакуумну струминну деаераційну колонку. У колонці вода потрапляє на розташований друг понад другим протівень (тарілки) з отворами та розділяються на струмені. Розділення води на струмені проводиться з метою збільшення поверхні випарювання, до більш повного видалення агресивних газів. Видалення кисню та інших газів проходить при кипінню води в колонці з тиском нижче атмосферного. Температура кипіння залежить від величини вакууму. Суміш газу та пару, так називається випар, безперервно відводиться з верхньої частини деаераторної колонки у охолоджувач випару, де пар конденсується, а не сконденсовані гази відкачуються ежектором. Ежектор призначен для підтримки вакууму у деаераторній колонці.

Насоси робочої рідини подають воду на ежектор, у якому створюється розрядження за рахунок збільшення швидкості потоку у соплі. Парогазова суміш відкачується в бак робочої рідини.

Хімічно очищена та деаерована вода само течію з колонки потрапляє до підживлюючого баку, звідки подається підпиточним насосом через регулятор підживлення в зворотній трубопровід перед мережними насосами.

Вузол гарячого водопостачання призначен для постійного безперебійного забезпечення користувачів необхідною кількістю води з температурою не нижче 55 °С. Система гарячого водопостачання – централізована, з приготуванням гарячої води у котельній та транспортуванням її по трубах до користувачів. Холодна вода з водопроводу Ø 300 мм, проходячи водомірний вузол, потрапляє на магнітний освітлювач-грязьовик ООМ 600/300-Ф (фільтр), потім подається на

пластинчатий охолоджувач робочої рідини та тим часом на охолоджувач випару деаератор них колонок ГВП та підживлюючої води.

Підігріта вода потрапляє на три групи чотирьох секційних теплообмінників. У теплообмінниках вода нагрівається до температури  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Теплоносієм для теплообмінників є котлова вода.

Нагріта холодна вода рухається по трубкам, а гріюча котлова вода – по між трубному простору теплообмінників. Нагріта вода з теплообмінників потрапляє на три деаераційні колонки ГВП типу ДСВ-200, Q-200 т/год., знаходяться на даху котельної. У колонках відбувається видалення з води корозійно-активних газів.

Для створення вакууму у кінці та для відбору не конденсуючих газів з охолоджувача випару слугує водострумний ежектор (типу ЕВ -100). Насоси робочої рідини беруть воду з баку робочої рідини ( $V=20\text{ м}^3$ ) та подається на охолоджувач робочої рідини, де робоча рідина охолоджується та потрапляє на ежектор, у якому за рахунок збільшення швидкості потоку у соплі ежекторів створюється розрядження.

Паровоздушна суміш відкачується до баку-газовідділення (бак робочої рідини). Для заповнення баку-газовідділення існує врізка холодної води, а для відведення води з баку-дрінажа. Нагріта деаераційна вода з колонок ГВП само течею потрапляє до колектору далі до двох баку-акумуляторів об'ємом  $1000\text{ м}^3$  кожний. З баків-акумуляторів гаряча вода насосами гарячої води подається користувачам.

Для контролю ступені забруднення освітлювача -грязьовика слугують манометри. Перепад тиску на фільтрі являється показником його забруднення. Він повинен бути не більше  $0,1\text{ кгс/см}^2$ . Якщо перепад тиску на фільтрі перевищує цю величину, то його необхідно чистити.

Автоматика безпеки (захисту) котлів призначена для контролю за основними технологічними параметрами та відключення котла при відхиленні цих параметрів за приділи допущених значень. Дія захисту приводить до відсічки газу, який подається до топки котла.



Контроль параметрів вибраних для захисту, здійснюється приладами, датчиками, які сприймають зміну параметрів та видають команду самі або за допомогою вторинного приладу на відсічку газу, при відключенні параметру при відхиленні до допустимих.

Захист котлів можна розділити на дві групи. Одна дає здатність контролювати витрату (води, газу) через котел, температуру за котлом, тобто оцінити роботу здатність котла (його продуктивність).

Друга група приладів дозволяє правильно та раціонально вести технологію горіння у котлі, тобто підтримувати інші параметри згідно режимної карти.

Автоматика регулювання котла представлена двома автоматичними регуляторами (розрядження у топці котла, співвідношення паливо – повітря), забезпечуючи автоматичну підтримку величини розрядження та кількістю вдуваного повітря при любых навантаженнях котла. На котлах встановлено електронні регулятори Р.25.1.

Автоматика допоміжного обладнання забезпечує контроль за параметрами відпуску теплової енергії на відношення, стану рівня у підживлюючий бак, вакуума у деаераційних колонках, витратою води у тепловій мережі, витрату підживлюючої, витрату котлової води, витрату ГВП, температурою подавальної та зворотної води, параметрами роботи вузла ГВП.

Важливу роль має господарські прилади (витрата газу на котлі, витрата води у теплових мережах, температурою подавальної та зворотної води, витрату холодної води), тобто по показанням цих приладів оцінюється продуктивність роботи усієї котельні. На щиті розташовані наступні прилади контролюючи параметри.

Для підтримки технологічних параметрів в заданих режимах застосовуються автоматичні регулятори.

### 1.3 Характеристика котла ТВГ – 8М

Теплофікаційний водогрійний газовий котел типу ТВГ-8 (ТВГ-8М) являє собою прямооточний секційний котел з примусовою циркуляцією. Характеристика котла наведена у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристика котлів

№ п/п	Характеристика	Тип котла	
		ТВГ-8	ТВГ-8М
1	Теплопродуктивність, Гкал/год	8,3	8,3
2	Поверхня нагріва:		
	- радиационная, м <sup>2</sup>	89	76
	- конвективна, м <sup>2</sup>	142	109,6
3	Водяний об'єм, м <sup>3</sup>	4	4
4	Витрата води, т/час	112	112
5	Витрата природного газу, м <sup>3</sup> /ч	1100	1100
6	Температура води:		
	- на вході, °С	70	70
	- на виході, °С	150	150
7	Температура уходящих газів, °С	180	180
8	Гідравлічний опір кгс/см <sup>2</sup>	1,3	1,06
9	Коефіцієнт корисної дії, %	90,3	90,2

Радіаційна поверхня нагріву котла складається з п'яти вертикальних топкових екранів та одного стельового, переходячого у фронтний екран. Особливістю конструкції є наявність двосвітних екранів, які розділяють топку на чотири відсіку. Кожний вертикальний топковий екран (двосвітний та настінний)

складається з двох горизонтальних колекторів, у яких уварені сорок вертикальних труб  $\varnothing 51 \times 2$  мм, з шагом 75 мм. Висота секцій в осях колекторів 3400 мм, відстань між секціями 740 мм.

Стельовий екран складається з тридцять двох труб  $\varnothing 51 \times 2,5$  мм, по вісім труб між вертикальними з шагом 64 мм, уварених в верхній та нижній горизонтальні колектори. Передня частина стельового екрана переходить у фронтний екран. У конвективному газоході розташована конвективна частина котла, яка складається з шістнадцяти секцій. Кожна секція являє собою вертикальний колектор  $\varnothing 57 \times 3$  мм, у який уварені шістнадцять V – образних змійовиків з труб  $\varnothing 28 \times 3$  мм з шагом 70 мм. По ходу води к кожному стояку одночасно приєднані чотири труби, тому кожний стояк розділений чотирма заглушками. Паралельно включені змійовики конвективної поверхності на вході та виході води з'єднані чотирма збірними колекторами  $\varnothing 159 \times 6$  мм.

Обмурівка котла, тяжка виконана в 1,5...2,5 цегли у два шари. Внутрішній шар обмурівки викладений з вогнестійкої цегли (шамотної) та називається футеровкою. Шамотна цегла має високу вогнестійкість, але являється поганим тепло ізолюючим матеріалом. Тому другий – облицювальний шар обмурівки виконаний із звичайної глиняної цегли. Обидві частини обмурівки кладуться незалежно один від одного. Для стійкості, через кожні чотири – шість рядів між шарами, робляться перев'язка шляхом випуску вогнестійкої цегли. Для того щоб забезпечити розширення обмурівки, у місцях сполучення стін та перегородок по всій їх висоті зроблені температурні шви, які заповнені азбестовим шнуром.

Гарнітура котла складається з шести лазів, чотири на фронтній стороні котла та два на задній (між пакетами конвективної частини), двох вибухних клапанів. Топка котла та газохід обладнанні гляділками для контролю за факелом та за станом поверхні нагріву. На димоході, після димососу встановлено шибер.

На виході води з котла та вході води у котел встановлені засувки з електроприводом  $\varnothing 150$  мм, крім того, після засувки з електроприводом на виході води з котла є засувка (дублююча)  $\varnothing 150$  мм з ручним приводом.

У нижніх точках колекторів урізані дренажні вентиля Ø32 мм у кількості дев'ять штук. Для заповнення котла водою є дві фланцеві засувки Ø 32 мм. У верхніх точках перепускних труб урізані фланцеві вентиля Ø 15 мм – п'ять штук, муфтові Ø 20 мм – п'ять штук для видалення повітря з котла. Перед засувкою виходу води з котла є засувка аварійного скиду води Ø 50 мм.

Для спалювання газу застосовуються чотири подові горілки з прямою щілиною, які встановлені між секціями вертикальних топочних екранів. Подова горілка має два ряди отворів Ø 1,5 мм розташованих у шаховому порядку під кутом 45° до вертикальної осі горілки. Продукти згорання через отвір у верхній частині топки висотою 800 мм потрапляє у конвективній часті котла. Повітря для згорання подається дутьєвим вентилятором по загальному коробу, від якого по чотирьом окремим відводам потрапляє під спрямляючі під горілочну решітку.

Ґрати уявляють собою сталевий аркуш товщиною 8 мм з отворами Ø12 мм для проходу повітря. Завдяки під горілочній решітці повітря рівномірно розподіляється по довжині вогневої частини горілки, забезпечує рівномірне теплове навантаження та економічну роботу горілки.

Для забезпечення нормального спалювання палива котел ТВГ-8/ (ТВГ-8М) обладнаний дутьєвим вентилятором і димососом. Повітря для горіння подається дутьєвим вентилятором Ц13-50 № 5 за загальним коробом, від якого по 4-м окремим відводів подається до пальників. Характеристика дутьєвих вентиляторів наведена у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Характеристика дутьєвих вентиляторів.

Котел №1	Котел №2	Котел №5
Тип Ц-13-50	Тип Ц-13-50	Тип Ц-13-50
Q = 13000 м <sup>3</sup> /год	Q = 13000 м <sup>3</sup> /год	Q = 13000 м <sup>3</sup> /год
H = 86 мм.в.ст.	H = 86 мм.в.ст.	H = 86 мм.в.ст.
п = 980 об/мин	п = 970 об/мин	п = 725 об/мин
Електродвигун АО2-62-6	Електродвигун А-62-6	Електродвигун АО2-62-6
N = 13 кВт	N = 10 кВт	N = 14 кВт

Димосос котла призначений для видалення димових газів з топки і викиду їх через димову трубу висотою 30 м. Характеристика димососів наведена у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Характеристика димососів

Котел № 1	Котли № 2, 5
Тип Д-10	Тип Д-10
$Q = 25000 \text{ м}^3/\text{год}$	$Q = 25000 \text{ м}^3/\text{год}$
$H = 90 \text{ мм.в.ст.}$	$H = 90 \text{ мм.в.ст.}$
$n = 730 \text{ об/хвл}$	$n = 970 \text{ об/хвл}$
Електродвигун АО2-72-8	Електродвигун F200LK06
$N = 22 \text{ кВт}$	$N = 18,5 \text{ кВт}$

Димососи і дуттьові вентилятори складають групу відцентрових тягодутьєвих машин котельні. Вентилятор складається з улиткообразно корпусу, що має вхідний і вихідний патрубку, робочого колеса (ротора) і станини.

Робоче колесо - це пристрій, що складається з диска, до якого приварені або приклепані лопатки, кінці яких з'єднані між собою кільцем. До диску приварена втулка (маточина), за допомогою якої він закріплюється на валу. При обертанні робочого колеса вентилятора, повітря по воздуховоду підводиться до його центру і за рахунок відцентрової сили відкидається від центру до периферії і нагнітається в підземний повітропровід і далі подається до пальників і в топку котла.

Направляючий апарат встановлюється перед вентилятором на всмоктуючому патрубку. Він складається з металевого патрубку з фланцями, всередині якого розміщені поворотні лопатки. Всі лопатки мають загальний поворотний механізм, за допомогою якого вони можуть повертатися одночасно на однаковий кут навіть до повного перекриття патрубку. Лопатки побудовані таким чином, що вони надають потоку повітря попереднє завіхревання в ту ж сторону, в яку обертаються ротор вентилятора, завдяки чому опір входу повітря зменшується.

#### 1.4 Еколого - теплотехнічні випробування котла

Проведення робіт з режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробовувань котельного обладнання – це важливий етап експлуатації обладнання для виробництва тепла, гарячої води, пари – котельні. Професійне налагодження та ефективна експлуатація котельні дозволяють скоротити емісію забруднюючих речовин та зменшити витрати на паливо для котельні. Режимна наладка котельні – це комплекс заходів, який призначений, у першу чергу, для підвищення енергоефективності котельні.

Енергоефективність котельного обладнання – це найважливіша ознака при виборі котельного устаткування для виробництва пару чи гарячої води для потреб промислових та сільськогосподарських об'єктів, житлових та громадських будівель. Енергоефективність котельного обладнання означає раціональне використання енергоресурсів, застосування нових сучасних екологічно чистих паливних матеріалів, при спалюванні яких буде менше виділятися шкідливих та забруднюючих речовин. Тобто, рівень енергоефективності котельного обладнання напряму впливає на стан навколишнього природного середовища та атмосферного повітря.

Сучасні технології, що направлені на збільшення енергоефективності, дозволяють ще на стадії проектування котельного обладнання врахувати всі можливі ризики, що можуть виникнути в його роботі, прорахувати раціональність застосування енергозберігаючих матеріалів, пристроїв, елементів для повного функціонування котельні у відповідності до вимог екологічного законодавства. Основними причинами, що знижують енергоефективність котельного обладнання, вважають відсутність пристроїв для обліку енерговитрат, низький рівень теплоізоляції, зношування котельного обладнання, застосування застарілих систем автоматизації, невикористання підігрівачів, недосконалість існуючих пристроїв. Отже, під час проектування та будівництва котельного обладнання сучасні інженери-технологи враховують зазначені недоліки та, використовуючи досвід

іноземних держав, здатні розробити котельне обладнання з високим рівнем енергоефективності та енергоощадливості.

Але успішне проектування, будівництво та комплектація котельного обладнання не гарантують в повній мірі його енергоефективність та безперебійний режим роботи. Для підтримання оптимального стану роботи котельного обладнання необхідно періодично проводити з роботи режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробовувань котельного обладнання. Проведення робіт з режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробовувань котельного обладнання дозволяє встановити ефективність використання енергетичних ресурсів та провести енергетичний аудит встановленого котельного обладнання на Вашому об'єкті. Також проведення робіт з режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробовувань котельного обладнання дозволяє зібрати дані для розробки плану маловитратних заходів для підвищення енергоефективності роботи котельного обладнання. Провідні інженери-технологи не тільки розроблять рекомендований план заходів, але й обґрунтують доцільність та раціональність застосування кожного з них.

Також, варто окремо зазначити, що проведення режимної налагодки котельні необхідно здійснювати перед проведенням лабораторних вимірювань забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря. Особливо, під час процедури отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин, проведення робіт з режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробовувань котельного обладнання дозволить максимально ефективно налаштувати окремі вузли та процеси, наприклад, паливник газового котла, для мінімізації викидів забруднюючих речовин. Ефективне горіння палива котельні дозволяє економити не тільки на паливі для котельні, але й на сплаті екологічного податку. Екологічний податок, за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, розраховується виходячи з кількості забруднюючих речовин тон в рік, які зазначені в дозволі на викиди

## 1.5 Програма виконання робіт по еколого-теплотехнічному випробуванню водогрійного котла типу ТВГ-8М

Теплові випробування котлів проводяться налагоджувальною бригадою групи наладки котельного обладнання Концерну «Міські теплові мережі» на основі та відповідно:

- плану – графіка налагоджувальних робіт;
- вимог органів Госнадзорохоронтруда України до проведення налагоджувальних робіт на газовикористовуючим обладнанні;
- вимоги по ефективному використанню газу та охорони навколишнього середовища при проведенні налагоджувальних робіт на паливо-використовуєщем обладнанні.

Режимно-налагоджувальні випробування проводяться з метою установлення оптимальних еколого-економічних режимів роботи обладнання з урахуванням технологічних умов, мінімально можливих питомих витрат палива та вимірювання вмісту забруднюючих речовин у атмосферу, не перевищуючих установлених технічних та екологічних норм.

До задачі випробувань входить:

- визначення залежності виходу оксидів азоту, оксидів вуглеводу (СО та СО<sub>2</sub>) від ізбитку повітря та навантаження котла;
- визначення теплових втрат та ККД брутто котла у робочих діапазоні навантажень;
- визначення залежності тиску повітря від тиску газу на горілки;
- визначення питомих витрат палива;
- визначення валових викидів оксидів азоту та вуглеводу;
- визначення мінімально-стійких та максимально фактичних навантажень котла;
- розробка мір, направлених на підвищення надійності, економічності котла.

В об'єм налагоджувальних робіт входить комплекс робіт:



- налагодження топочного режиму котельного агрегату;
- визначення еколого-режимних характеристик котла.

Основні етапи проведення робіт:

### 1. Підготовчі роботи

- складання договору, сміти, календарного плану проведення робіт.
- підбір технічної документації, складання схеми вимірювань, огляд готовності котла, тягодутьових машин, приладів контролю та автоматики;
- підготовка необхідних приладів, реактивів, методик вимірювання.

### 2. Основні роботи

- попередні вимірювання, визначення мінімально-стійкої та максимально фактичної навантаження котла, визначення присосів у газоповітряному тракті, визначення основних характеристик експлуатаційного режиму, проведення приблизних дослідів для проведення основних характеристик котла, топкової камери та горілок по даним аналізу токсичності відхідних газів.
- проведення режимних випробувань з одно часовими замірами концентрації забруднюючих викидів у атмосферу;
- попередня обробка матеріалів випробувань;
- обробка отриманих даних та аналіз результатів;
- кінцева обробка результатів випробувань, складання таблиць, схем, графіків, аналіз роботи котлів;

Складання технічного звіту в об'ємі, відповідних «Вимогам по ефективному використанню газу та охорони навколишнього середовища при проведенні налагодочних робіт»

Кількість, продовження випробувань:

- випробування проводяться на загрузках:
- $P_g$  перед горілками = 300, 350, 400, 500, 600 кгс/м<sup>2</sup>,
- продовження кожного випробування визначається сходженням результатів газового аналізу та коле бається від 0,5 до 1,5 годин.

- методика виявлення валових викидів оксидів азоту і вуглерода та складання теплового балансу;
- визначення викидів забруднюючих речовин у атмосферу проводиться прямими замірами від котлоагрегату на різних режимах роботи;
- склад кисню та двоокисі вуглеводу визначається газоаналізатором;
- ККД котла визначається по методу зворотного балансу, теплові втрати по методиці М.Б. Равича.

По закінченню випробувань, розробляється режимна карта котла.

## 2 ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ТВГ-8М З ВИЗНАЧЕННЯМ СКЛАДОВИХ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ

2.1 Нормативні джерела та настанови по вимірюванню та визначенню складових теплового балансу твердопаливних котлів.

Значна кількість стандартів, технічних умов за рубрикою «Котли опалювальні водогрійні» «Паливо та його показники – маркування» є – Міждержавними стандартами, в минулому республік Радянського союзу які, за винятком, підтримують дружні відносини та економічні, наукові, технічні взаємовідносини. А саме котельне та пічне обладнання малої теплопродуктивності до 10 Гкал/год має на даний час найбільшу актуальність з переходом на індивідуальне опалення будинків та котеджів, а також малих підприємств для потреб опалення та виробничих потреб. Особливо останнє набуває популярності з точки зору економічності та автономності, та переважно котельне обладнання на спалюванні деревини, залишків деревообробних цехів та підприємств, відходів сільгосп-виробництва та переробки, а також бурого та кам'яного вугілля місцевих родовищ і місцево близько розташованих до залізниці. Спільні проблеми – спільне рішення даних проблем – тому і вимоги записані в стандартах повинні бути сучасними до можливостей контролю та визначенню складових ефективності, екологічності та безпеки котельного обладнання. Крім цих вимог обов'язково

розглянуто відповідність до Європейських стандартів, що зазначено написом скорочень ISO, EN.

2.2 Обладнання та прилади які застосовувались для визначення складових теплового балансу та визначення ККД ТВГ-8М.

Основним приладом для вимірювання складових відхідних газів, тиску розрідження та температури в точках вимірювань був газоаналізатор UniGas 3000+.

Газоаналізатор – це компактний, багатофункціональний переносний мікропроцесорний прилад, що складається з аналізатора газів і індикатора який відображає параметри вимірюваного середовища. Два вбудованих електрохімічних датчика вимірюють вміст кисню ( $O_2$ ) і концентрацію монооксиду вуглецю (CO). Під час проведення аналізу вимірюється температура відхідних газів, температура навколишнього повітря, а також обчислюються: концентрація діоксиду вуглецю ( $CO_2$ ), надлишок повітря, теплові втрати  $q_2$  і ефективність горіння. Третій і четвертий вбудовані електрохімічні датчики дають можливість виміряти концентрацію монооксиду азоту (NO) або діоксиду азоту ( $NO_2$ ), а також діоксиду сірки ( $SO_2$ ). Якщо встановлений датчик NO, але не встановлено датчик  $NO_2$ , то концентрація оксидів азоту (ppm) відображається на дисплеї у вигляді  $NO_x = NO + NO_2$ . При цьому концентрація  $NO_2$  приймається в розмірі 3 % від виміряної концентрації NO. За допомогою додаткових зовнішніх датчиків (опція) можуть бути виконані вимірювання: температури і вологості навколишнього повітря (T + OB %), вмісту CO в навколишньому повітрі, а також виявлення витоків природного газу в газових мережах. Прилад комплектується датчиком тиску розрідження, вбудованим принтером, внутрішньою пам'яттю для збереження результатів вимірювання та серійним інтерфейсом USB / RS 232.

Газоаналізатор складається з міцного і компактного корпусу, материнської плати з усіма головними функціональними схемами і електрохімічними 68 вимірювальними осередками, головного насоса для відбору проб димових газів,

насоса для продувки датчика CO, клавіатури, дисплея на рідких кристалах, блоку LI-ion акумуляторних батарей і матричного принтера, який встановлюється на вибір замовника. Корпус складається з двох частин з'єднаних 8-ю гвинтами. Вимірювальні осередки, головний насос і пневматичний контур розміщені в тильній частині корпусу приладу і закриті кришкою, яка кріпиться 2-ма гвинтами. Акумулятори і продувний насос розміщені на платі у верхній частині приладу. Друковану стрічку і паперову стрічку для принтера можна замінити, відкривши кришку принтера у верхній частині приладу (див. рис. 2.1).

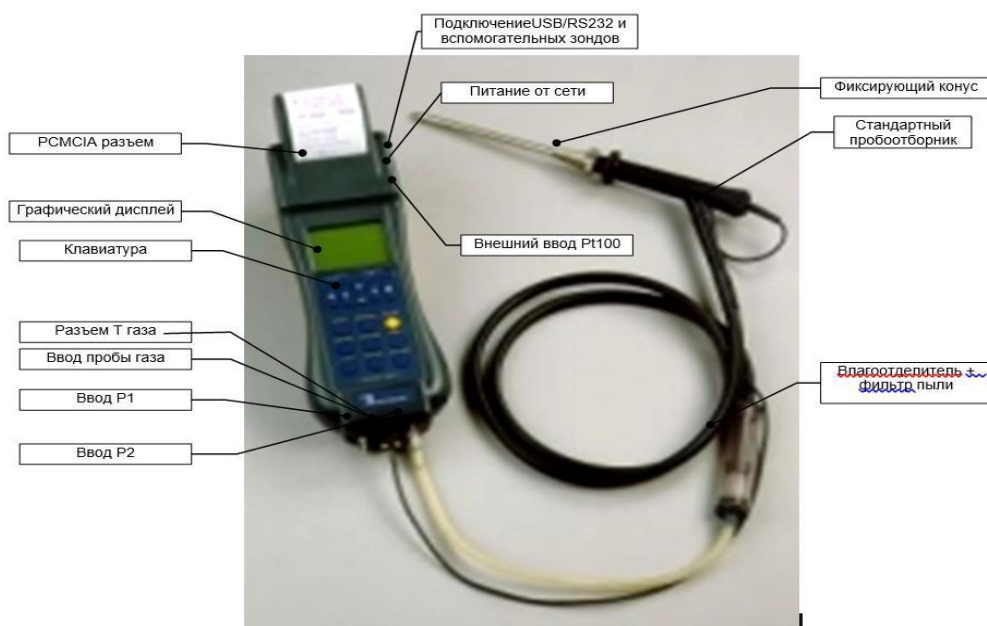


Рисунок 2.1 – Влаштування газоаналізатора UniGas 3000+

У нижній частині газоаналізатора знаходяться роз'єми: вхід проби газу (INLET), вхід (P1) для вимірювання тиску / розрідження, гніздо термопари (Tgas) для вимірювання температури відхідних газів і вхід (P2) для вимірювання диференціального тиску.

З правого боку верхньої частини приладу розташовані роз'єми:

- підключення допоміжних зондів, а також підключення USB / RS232 (додаткове програмне забезпечення слід використовувати для конфігурації пристрою або передачею даних),
- підключення зарядного пристрою;

- підключення віддаленого датчика температури повітря Pt100.

Інтерфейс користувача знаходиться на лицьовій частині приладу і складається з дисплея високої чіткості має функцію «Збільшення» для зручності зчитування даних і 14-ти клавіатурі. Найбільш часто проводяться операції (визначення складу газів, завмер розрідження або тиску, визначення концентрації сажі і роздрукування результатів вимірювання) можуть бути обрані користувачем натисненням всього однієї клавіші.

Проба відхідних газів відбирається з газоходу і прокачується через пробовідбірник за допомогою головного мембранного насоса (див. рис. 2.2).

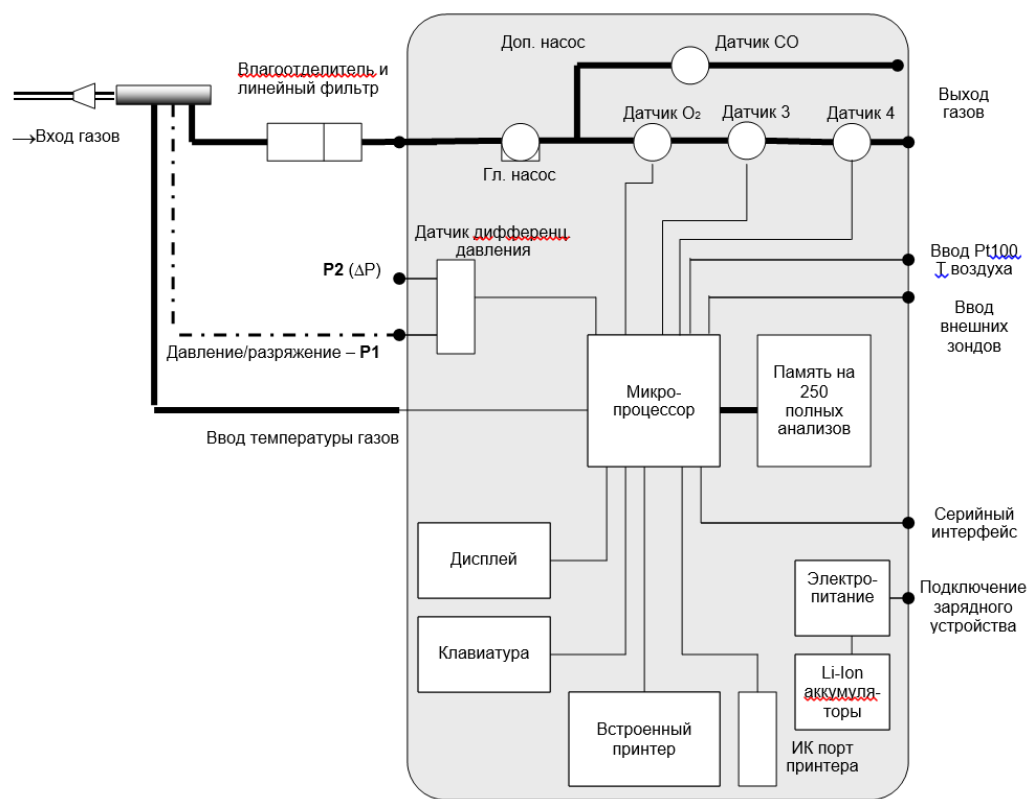


Рисунок 2.2 – Структурна схема газоаналізатора UniGas 3000+

Щоб встановити пробовідбірник, потрібно просвердлити в газоході отвір діаметром (11...16) мм, вставте в отвір металевий зонд пробовідбірника і щільно з'єднаєте фіксує конус зонда зі стінкою газоходу. Гвинт в конусі дозволяє легко фіксувати кінець зонда в середині потоку відхідних газів, яка зазвичай відповідає центру поперечного перерізу газоходу. Котел і газоходи перед проведенням випробувань перевіряються на газощільність і, якщо це необхідно, негерметичні

місця ущільнюються. Датчик  $O_2$  являє собою електрохімічний елемент з сухим електролітом і двома електродами. Дія датчика подібна до дії звичайної батареї і його чутливість з часом знижується. Середній термін служби датчика не пов'язаний з часом роботи і становить близько 2-х років. Для вимірювання вмісту токсичних газів ( $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  або  $SO_2$ ) використовуються електрохімічні датчики яка відслужила вже близько 3-х років. Застосування електрохімічних елементів гарантує отримання точних результатів протягом приблизно 60 хв. безперервної роботи після включення приладу. Дрейф «нуля» автоматично коригується при кожному включенні приладу. При цьому в якості еталону, використовується чистий навколишнє повітря. Ця операція виконується тоді, коли зонд знаходиться поза газоходу або коли шланг пробовідбірника не поєднаний з газоаналізатором.

При роботі приладу протягом тривалого часу слід періодично виконувати процедуру автокалібровки «нуля», тобто на короткий час вимикати прилад. Датчик тиску/розрідження працює за принципом дії розширюється метричного вимірювального моста. При включенні приладу також проводиться калібрування каналу тиску/розрідження. На цей час роз'єм P2 повинен залишатися відкритим. Результати вимірювання і розрахункові параметри виводяться на екран графічного дисплея, забезпеченого автоматичним підсвічуванням для полегшення зчитування показань при поганому освітленні.

Пробовідбірник складається з зонда, який виконаний з жароміцної, нержавіючої сталі, рукоятки з термостійкого матеріалу і шланга. Утримує конус дозволяє закріпити зонд в газоході. Температура газу визначається за допомогою вбудованої в зонд термопари типу K, яка через компенсуючий провід пропущений через шланг підключається до роз'єму Tc в нижній частині приладу.

Гази проходять через комбінований вологовідділювач проточний фільтр для запобігання попадання конденсату і зважених твердих частинок в аналізуючу частину приладу. Цей вузол являє собою ударостійкий прозорий циліндр, що складається з двох частин: вологовідділювача і лінійного фільтра від пилу. Вхідним патрубком він підключається до шлангу, а вихідним, через 15см силіконову трубку, до приладу. При установці вологовідділювача стрілка, нанесена

на його корпус, повинна бути спрямована на вхід в прилад. Вологовідділювач працює за принципом раптового розширення потоку прокачується проби: швидкість газу всередині циліндра сповільнюється, газ остигає, волога, що міститься в газах конденсується, а тверді частинки осідають.

Щоб уникнути попадання вологи в аналізуючу частину приладу вологовідділювач слід періодично осушувати. Для цього необхідно витягнути

пробку, що закриває зливний отвір в нижній частині вологовідділювача і легким струшуванням видалити накопився конденсат. Лінійний фільтр розташований після вологовідділювача і захищає прилад від потрапляння дрібних твердих частинок. Змінний картридж виконаний з пресованого пористого матеріалу, і якщо він забився пилом, його можна акуратно промити мильною водою і просушити. Ніколи не застосовуйте спирт або розчинник. Перед промиванням картриджа видаліть його з циліндра. Для просушування фільтру можна використовувати стиснене повітря з невеликим напором.

У газоаналізаторі застосовуються датчики з тривалим терміном служби. Вони не вимагають спеціального обслуговування, але повинні бути замінені після закінчення терміну служби. Газові датчики являють собою електрохімічні елементи з двома електродами (анод і катод) і розчином електроліту. Проба відхідних газів проходить через селективну дифузну мембрану, реакція окислення викликає вихідний електричний сигнал пропорційний концентрації газу, сигнал посилюється, перетворюється в цифровий, обробляється мікропроцесором і видається на дисплей. Результат друкується принтером з дозволом 0,1. Газу, що йдуть не повинні перебувати під тиском або розрідженням здатним вивести датчики з ладу. Вимірювання завжди починають проводити при відсутності тиску/розрідження, тобто без встановлення зонд пробовідбірника в газохід.

Кожен датчик має свій час швидкодії:

- а) O<sub>2</sub> - 20 сек. для 90 % вимірів;
- б) CO - 50 сек. для 90 % вимірів (з компенсацією H<sub>2</sub>);
- в) CO - 50 сек. для 90 % вимірів;
- г) NO - 40 сек. для 90 % вимірів;
- д) NO<sub>2</sub> - 50 сек. для 90 % вимірів;
- е) SO<sub>2</sub> - 40 сек. для 90 % вимірів.

При отриманні датчиками токсичних газів надмірної концентрації (більше 150 % повної шкали) можливий дрейф точності показань 2 % і потрібен тривалий час для відновлення їх працездатності з допустимою похибкою. У цих випадках рекомендується перед вимиканням аналізатора



прокачувати чисте повітря до тих пір, поки свідчення не знизяться хоча б до 20 ppm.

Прилад оснащений двома вводами для вимірювання температури відхідних газів і температури повітря надходить для горіння газу. Термопара типу К (хромель-алюмель) для вимірювання температури відхідних газів вбудована в зонд пробовідбірника. Ця термопара придатна для постійних вимірювань температури до 600 °С і короточасних вимірювань до 800 °С. Вбудоване термоопір типу Pt 100 використовується для компенсації температури холодного спаю. Ті ж роз'єми можуть використовуватися для вимірювання температури прямої або зворотної мережної води. Для цього на трубопроводі накладаються відповідні термопари (поставляються на замовлення). Для вимірювання температури повітря при примусовій подачі його на пальник, застосовується зовнішній датчик Pt 100 з двох метровим кабелем (опція). Це вимір важливо для точного розрахунку ефективності горіння.

Зміст сажі в продуктах згорання характеризує повноту спалювання, що особливо важливо при спалюванні мазуту в повністю екранованих невеликих за обсягом топках. Для визначення концентрації сажі застосовується експрес-метод Бахараха. Пробу газу засмоктують з газоходу спеціальним поршневым насосом, який одночасно дозує порцію газу. У процесі відбору газ пропускають через фільтрувальну папір. Ступінь потемніння фільтра порівнюють з еталонною шкалою, за якою визначають число Бахараха, яке може змінюватися від 1 до 9.

Газоаналізатор може зберегти до 3-х результатів виміру, розрахувати середнє значення і відобразити його, якщо це необхідно, в роздруківці.

Крім газоаналізатора використовувалася апаратура та прилади розташовані безпосередньо на котлі та виведена на пульт керування, а саме:

- витрата води через котел;
- тиск води перед котлом та на виході;
- тиск повітря під колосниковою решіткою;
- розрідження в топці котла;
- розрідження за котлом;

- температура повітря біля котла;
- температура нагрітого повітря після вентилятора;
- температура відхідних газів за котлом;
- температура відхідних газів за утилізаторами;
- температура мережної води на вході та виході з котла.

### 2.3 Розрахунок на основі прямих методів вимірювання

В даний час для визначення сполук рідин і газів існують механічні, акустичні, теплові, магнітні, електрохімічні, спектральні, радіоактивні, радіоспектрометричні і хімічні методи аналізу.

Найбільш численну групу методів аналізу складають спектральні методи, що відрізняються не тільки різноманіттям, але і широким застосуванням для аналізу всіляких газоподібних і рідких речовин. Вони охоплюють велику частину спектра електромагнітних коливань.

Головною підгрупою є оптичні методи аналізу випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектра. Вони засновані на залежності оптичної щільності, коефіцієнта переломлення, коефіцієнта відбиття та інших оптичних властивостей аналізованого середовища від концентрації обумовленого компонента.

Найбільше поширення одержав абсорбційний оптичний метод. Він полягає у вимірюванні величини ослаблення інтенсивності електромагнітного випромінювання та поглинання його потоку досліджуваним компонентом при проходженні випромінювання через аналізовану газову суміш чи рідину, що поглинула даний компонент із газової фази. Для абсорбційного методу використовують весь спектр електромагнітних коливань.

До числа найбільш чутливих і вибіркових методів газового аналізу відноситься абсорбційний метод аналізу в інфрачервоній (ІЧ) області спектра, заснований на вибіркового поглинанні суцільного спектра ІЧ випромінювання аналізованим компонентом газової суміші.

Поглинання ІЧ випромінювання зв'язане з молекулярною будівлею речовини і залежить від його структури, типу та енергії хімічних зв'язків у молекулі. Наявність смуг поглинання різної інтенсивності дозволяє вибрати оптимальні умови вимірювання, а також розробляти прилади з високою вибірковою здатністю.

Основними перевагами абсорбційного методу аналізу в ІЧ області спектра це:

- висока швидкодія;
- висока селективність;
- можливість автоматизації процесу вимірювання, а також

сполучення з ЕОМ;

- широкий діапазон вимірювання концентрацій окису вуглецю та вуглеводнів;

- висока точність вимірювання.

Інфрачервоним методом визначення сполук речовин вирішують багато задач у різних галузях промисловості, таких як хімічна, металургійна, нафтова і т.д.

Цей метод використовується також для контролю вмісту сполуки відпрацьованих газів ДВЗ, особливо їхніх токсичних компонентів.

Здатністю поглинати ІЧ випромінювання володіють гази, молекули яких складаються з двох, чи більшого числа різно елементних атомів чабоіонів ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ).

Суть методу в наступному: у вимірювальну кювету закачується досліджуваний газ. Кювета побудована таким чином, що в одному її торці розташований інфрачервоний випромінювач, в іншому – приймач випромінювання. Досліджуваний газ, внаслідок своїх фізичних властивостей, поглинає визначену кількість ІЧ випромінювання. Таким чином, по різниці випроміненого та прийнятого сигналу можна обчислити концентрацію досліджуваного компонента.

Використання ІЧ газоаналізаторів для визначення сполук речовини дає можливість визначити концентрації двоатомних (багатоатомних) газів, найбільш

важливі з яких є окис вуглецю (CO), двоокис вуглецю (CO<sub>2</sub>), вуглеводні та метан (CH<sub>4</sub>).

Інфрачервоний метод знайшов широке застосування для визначення різних речовин та, у першу чергу, органічних сполук при малих та великих концентраціях їх у газових сумішах.

Однак, для різних областей ІЧ спектра, речовини по різному поглинають ІЧ випромінювання. В одних речовинах це слабе поглинання (наприклад: сірководень; бромистий водень; гідразин і т.д.). В інших - це більш сильна залежність (наприклад: аміак, окис вуглецю і т.д.).

Враховуючи можливості ІЧ техніки, основним діапазоном аналізу складу речовин рахують область ІЧ спектра до 15 мкм. Однак, у даний час усі ІЧ аналізатори працюють, в основному, у ближній, та частково, у середній області ІЧ спектра, а використання більш довгохвильової частини спектра обмежена відсутністю надійних джерел та приймачів випромінювання, дешевих та загальнодоступних оптичних матеріалів і т.д. Усе це знижує надійність аналізаторів при експлуатації, а в окремих випадках виключає їхнє застосування зовсім.

Тому однією з основних задач ІЧ аналізу є розробка спеціальних фільтрів ІЧ випромінювання, що могло б виділити вузькі ділянки спектра властиве тільки тому чи іншому газовому компоненту, при цьому володіючи мінімальним коефіцієнтом поглинання ІЧ випромінювання, а також розробкою надійних джерел випромінювання, з великою потужністю випромінювання та приймачів випромінювання з високою чутливістю аж до 20 мкм.

Та все-таки, широкі аналітичні можливості ІЧ методу, висока вибірковість, заснована на використанні характерних для речовин смуг поглинання ІЧ енергії, висока чутливість виділяє його серед інших фізичних та фізико-хімічних методів (кулонометрії, діелькометрії, кондуктометрії та т.д.) та робить цей метод найбільш впроваджуваним у багатьох галузях промисловості.

## 2.4 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від роботи котельні

Джерело № 1 – труба. Газовий котел ТВГ-8М чьотири штуки , об'єднані в одну димову трубу. Котли працюють почергово, але режим роботи також передбачає їх одночасне використання. Параметри труби  $H = 12$  м.,  $D = 0,3$  м. Час роботи – 2100 год/рік. Забруднюючі речовини: оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту, оксид вуглецю, метан, вуглецю діоксид, азоту оксид ( $N_2O$ ), ртуть та її сполуки, (у перерахунку на ртуть) речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС).

Розрахунок викидів шкідливих речовин, які викидаються в атмосферу при спалюванні палива проводиться згідно [1] Збірника «Показники емісії викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря» Друга редакція. Том 1-3. Донецьк-2008 р».

Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх параметри наведені в таблиці 2.1. Дані наведені зі звіту з інвентаризації викидів забруднюючих речовин діляниці № 3 філії КОНЦЕРНУ «МІСЬКІ ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ» Шевченківського району.

Таблиця 2.1 - Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх параметри

Виробництво процесування, устаткування	Номер джерела викиду	Найменування джерела викиду	Параметри джерел викиду		Координати джерела на карті схеми				Місце відбору проб	Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Максимальна масова концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Потужність викиду		
					Точкового або лінійного; центра симетрії площинного	Другого кінця лінійного; ширина і довжина площинного	X1, м	Y1, м		X1, м	Y1, м	Витрата, м <sup>3</sup> /с				Швидкість, м/с	Температура, °С	г/с
			Висота, м	Діаметр вихідного отвору, м														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
120202 Установки для спалювання в житлово-комунальному секторі; установки для спалювання < 50 МВт	301	Димова труба від котлоагрегатів ТВГ-8 № 1, № 2, № 3	30	1,5	20508	7508	-	-	H= 1,9 м d= 0,5х 0,65 м	6,228	7,2	157	04001 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	127,633*	0,349	1,2564	6,1
													06000 337	Оксид вуглецю	65,15*	0,176	0,6336	1,3767
													01007 183	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	-	3,207	1,1506	8,106
													04002	Азоту (1) оксид (N <sub>2</sub> O)	-	3,204	0,001152	0,0081
													07000	Вуглецю діоксид	-	3,203	0,01152	4771,6265
													12000 410	Метан	-	3,203	0,01152	0,081

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
130326 Контактні техноло- гічні процеси; зварюва- ння металів	302	Дефлектор Зварюваль- ний транс- форматор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20515	7484	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,115	1,0	33,2	<u>16001</u> <u>342</u>	Фтор та його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	0,000003	1,0805	3,806
													<u>2752</u>	Уайт-спірит	30,0	0,0034	0,01224	0,00193
													<u>11030</u> <u>616</u>	Ксилол	10,0	0,0011	0,00396	0,00197
													<u>01003</u> <u>123</u>	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0001	0,00036	4,405
													<u>01104</u> <u>143</u>	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,05	5,006	1,805	4,006
													<u>04001</u> <u>301</u>	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	5,10	0,0005	0,0018	1,205
													<u>06000</u> <u>337</u>	Оксид вуглецю	2,50	0,0002	0,00072	6,006
210620 Машиноб удування (механічн а обробка металів)	303	Віконний проєм Метало- обробні верстати	1,3	2×1,5	20524	7478	-	-	-	-	-	33,2	<u>03000</u> <u>2902</u>	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	-	0,011	0,0396	0,0005

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Установки для спалювання в житлово-комунальному секторі; установки для спалювання < 50MBT	304	Свіча Газопровід (ГРП)	5,5	0,025	20523	7466	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,00489	0,0176	0,00002	
													$\frac{-}{1728}$	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	1,007	3,607	3,710	
	305	Свіча Газопровід (ГРП) Регулятор тиску ГРП	7	0,04	20525	7465	-	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,01022	0,0368	0,00004
														$\frac{-}{1728}$	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	2,207	7,9207	7,810
	306	Свіча	ДЕМОНТОВАНО																
	307	Свіча продування газопроводу котла ТВГ-8М №1	20	0,04	20515	7492	-	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,05850	0,2106	0,00211
														$\frac{-}{1728}$	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	1,206	4,3206	4,408
	308	Свіча продування газопроводу котла ТВГ-8М №2	20	0,04	20517	7496	-	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,05850	0,2106	0,00211
$\frac{-}{1728}$														Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	1,206	4,3206	4,408	
Установки для спалювання в житлово-комунальному секторі; установки для спалювання < 50MB	309	Свіча продування газопроводу котла ТВГ-8М №3	20	0,04	20518	7503	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,05850	0,2106	0,00211	
													$\frac{-}{1728}$	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	1,206	4,3206	4,408	
	310	Основна свіча Газопровід котельні	15	0,076	2051	7508	-	-	-	-	-	-	33,2	$\frac{12000}{410}$	Метан	-	0,07250	0,261	0,00026
														$\frac{-}{1728}$	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	9,508	3,407	3,410



Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів 410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	311	Дефлектор Зварювальний трансформатор, засоби фарбування	3	0,2	20523	7467	-		H= 12,0 м d= 0,4 м	0,192	1,67	33,2	<u>16001</u> 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	5,006	1,805	3,0606
													<u>01003</u> 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0002	0,00072	1,9E-05
													<u>01104</u> 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,05	9,006	3,2405	2,006
													<u>-</u> 2752	Уайт-спірит	30	0,0057	0,02052	0,00039
													<u>12000</u> 410	Метан	-	0,2261	0,814	3,5947
													<u>-</u> 1728	Меркаптани (Етилмеркаптан)	-	2,7807	1,006	4,9706
													<u>11030</u> 616	Ксилол	10	0,0019	0,00684	0,0004

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів 410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	312	Дефлектор Зварювальний трансформатор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20516	7489	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,153	1,33	33,2	01003 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0002	0,00072	4,405
													16001 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	4,06	1,4405	3,806
													01104 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,05	7,006	2,5205	4,006
													04001 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	4,1	0,0006	0,00216	1,205
													06000 337	Оксид вуглецю	1,25	0,0001	0,00036	6,006
													2752	Уайт-спірит	30	0,0045	0,0162	0,00193
													11030 616	Ксилол	11	0,0016	0,00576	0,00197
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів	313	Дефлектор Зварювальний трансформатор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20518	7493	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,115	1,0	33,0	01003 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0001	0,00036	4,405
													16001 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	3,006	1,0805	3,806
													01104 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,06	6,006	2,1605	4,006

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	313												<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	4,1	0,0004	0,00144	1,205
													<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	2,5	0,0002	0,00072	6,006
													<u>2752</u>	Уайт-спірит	30	0,0034	0,01224	0,00193
													<u>11030</u> 616	Ксилол	11	0,0012	0,00432	0,00197
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів 410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	314	Дефлектор Зварювальний трансформатор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20519	7498	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,192	1,67	33,2	<u>01003</u> 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0002	0,00072	4,405
													<u>16001</u> 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	5,006	1,805	3,806
													<u>01104</u> 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,05	9,006	3,2405	4,006
													<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	6,15	0,0011	0,00396	1,205
													<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	3,75	0,0007	0,00252	6,006
													<u>2752</u>	Уайт-спірит	30	0,0057	0,02052	0,00193
													<u>11030</u> 616	Ксилол	10	0,0019	0,00684	0,00197

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів 410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	315	Дефлектор Зварювальний трансформатор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20520	7502	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,229	2,0	33,2	<u>01003</u> 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0003	0,00108	4,005
													<u>16001</u> 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	6,007	2,1606	3,806
													<u>01104</u> 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,06	0,00001	0,000036	4,0E-06
													<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	6,15	0,0004	0,00144	1,205
													<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	2,05	0,0008	0,00288	6,006
													2752	Уайт-спірит	30	0,0068	0,02448	0,00193
													<u>11030</u> 616	Ксилол	11	0,0025	0,009	0,00197
130326 Контактні технологічні процеси; зварювання металів 410109 Нанесення лакофарбового покриття інші види непромислового використання фарб.	316	Дефлектор Зварювальний трансформатор, газовий різак, засоби фарбування	12	0,4	20521	7507	-	-	H= 12,0 м d= 0,4 м	0,192	1,67	33,2	<u>01003</u> 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	1,5	0,0002	0,00072	4,005
													<u>16001</u> 342	Фтор і його пароподібні та газоподібні сполуки в перерахунку на фтористий водень	0,03	5,006	1,805	3,806
													<u>01104</u> 143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	0,05	9,006	3,2405	4,006
													<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	6,15	0,0011	0,00396	1,205
													<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	2,5	0,0004	0,00144	6,006
													2752	Уайт-спірит	30	0,0057	0,02052	0,00188
													<u>11030</u> 616	Ксилол	10	0,0019	0,00684	0,00194

2.5 Характеристика викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що відводяться від окремих типів обладнання і споруд та надходять в атмосферне повітря

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що відводяться від окремих типів обладнання і споруд наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Характеристика викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що відводяться від окремих типів обладнання і споруд та надходять в атмосферне повітря

Номер джерела викиду	Джерела утворення		Місце відбору проб	Діаметр газоходу, м	Параметри газопилового потоку в газоході			Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Максимальна масова концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Потужність викиду	
	Найменування	Номер			Витрата, м <sup>3</sup> /с	Швидкість, м/с	Температура, °С				г/с	кг/год
301/1	Котлоагрегат ТВГ-8М	№ 1	Труба	АхВ = 0,5х0,65	2,126	9,63	129	<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	171,5	0,3220	1,1592
								<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	65,68	0,1233	0,44388
301/2	Котлоагрегат ТВГ-8М	№ 2	Труба	АхВ = 0,5х0,65	2,146	9,88	136	<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	130,28	0,2454	0,88344
								<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	49,23	0,0927	0,33372
301/3	Котлоагрегат ТВГ-8М	№ 3	Труба	АхВ = 0,5х0,65	1,956	9,46	157	<u>04001</u> 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	148,75	0,2359	0,84924
								<u>06000</u> 337	Оксид вуглецю	82,04	0,1301	0,46836

## 2.6 Методика обробки результатів випробувань

Обробка отриманих результатів проводилась згідно «Методичних посібників по проведенню комплексних еколого-теплотехнічних іспитів котлів, що працюють на газі» (Інститут газу НАН України, 1992р.), та методик ГДК 34.02.305-2002 (від 01.07.2002), наведенна у Таблиці 2.3.

Таблиця 2.3- Методика отримання теплотехнічних показників роботи котлів

№ п/п	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Способи отримання величин
1	2	3	4	5
1. Паливо – природний газ				
1	Компонентний склад	-	-	По сертифікату якості газу
2	Нижча теплота згорання	$Q_H^P$	Ккал/м <sup>3</sup>	По сертифікату якості газу 1Ккал/м <sup>3</sup> = 419 КДж/ м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
3	Теоретична необхідність кількості повітря для пальника	$V^0$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$\left[ \begin{array}{l} 0,5 \cdot CO + \\ 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S \\ + \Sigma \left( m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \end{array} \right]$
4	Максимальний вміст CO <sub>2</sub> в сухих продуктах згорання	$CO_2^{max}$	%	$\left( \frac{CO_2}{100 - 4,76 \cdot O_2} \right) \cdot 100$
5	Максимальний вміст CO <sub>2</sub> по результатах аналізу палива	$CO_2^{max}$	%	$\frac{(CO_2 + CO + CH_4 + \Sigma n \cdot C_n \cdot H_m) \cdot 100}{(CO_2 + CO + CH_4 + \Sigma n \cdot C_n \cdot H_m + N_2 + 79 \cdot V^0)}$
6	Витрата газу по лічильнику	$V_{ліч}$	м <sup>3</sup> /год	замірянно

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
7	Витрата газу фактична	$V_r$	м <sup>3</sup> /год	$V_{ліч} \cdot 0,385 \cdot \frac{P_B + P_r}{237 + t_r}$
2. Мережна вода				
8	Тиск води на виході з котла, вході в котел	$P_{вих}$ $P_{вх}$	кгс/см <sup>3</sup>	замірянно
9	Температура мережної води до котла, після котла	$T_{вх}$ $T_{вих}$	° С	замірянно
10	Теплопродуктивність котла	$Q$	Гкал/год	$V_r \cdot Q_H^p \cdot \eta_{бр} \cdot 10^{-3}$
3. Гази повітря				
11	Склад газів за котлом	$A$	-	по даним аналізу
12	Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha$	-	$N_2/N_2 - 3,76 \cdot O_2$
13	Тиск газу перед пальником	$P_p^r$	мм.в.ст	заміряно
14	Температура повітря газів	$t_p$ $T_k$	° С	заміряно
15	Розрідження, тиск газів за котлом	$S_k$	мм.в.ст	заміряно
4. Тепловий баланс				
16	Втрати тепла з вихідними газами	$q_4$	%	аналізатор
17	Втрати тепла від хімічного незгорання	$q_3$	%	$(30,2 \cdot CO + 25,8 \cdot H_2 + 85,5 \cdot CH_4) \cdot h \cdot 100/P'$
18	Відношення дійсного об'єму сухих продуктів згорання до теоретичного об'єму сухих газів, при повному згорянні палива	$h$	-	$CO_2^{max} / (CO_2' + CO' + CH_4)$



Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
19	Кількість тепла, яке виділяється при повному згорянні палива при $\alpha=1$	$P'$	ккал/м <sup>3</sup>	для природного газу $P' = 1000$
20	Втрати тепла в навколишнє середовище	$q_5$	%	$q_5^{\text{ном}} \cdot \left(\frac{Q_{\text{ном}}}{Q_{\text{факт}}}\right)$
21	ККД-брутто котла по зворотному балансу	$\eta_{\text{бр}}$	%	$100-(q_2+q_3+q_5)$
22	Питомі витрати палива на одиницю тепла, виробленого котлом	$b_{\text{н}}$	мз/Гкал	$10^6 \cdot 100 / Q_{\text{рн}} \cdot \eta_{\text{бр}}$
23	Питомі витрати умовного палива на одиницю виробленого тепла	$b_{\text{уп}}$	кг у.п./Гкал	$1,43 \cdot 10^4 / \eta_{\text{бр}}$
<b>5. Викиди групи CO, NOx, вихідних газів</b>				
24	Об'ємна концентрація CO	$V_{\text{CO}}$	%	заміряно
25	Об'ємна концентрація O2	$V_{\text{O2}}$	%	заміряно
26	Об'ємна концентрація діоксидів	$V_{\text{Ro2}}$	%	заміряно
27	Масова концентрація NOx	$C_{\text{NOx}}$	мг/м <sup>3</sup>	заміряно
28	Масова концентрація CO	$C_{\text{CO}}$	мг/м <sup>3</sup>	заміряно
29	Масова концентрація NOx приведена до нормальних умов 0 °C, 760 мм.вод.ст.	$C_{\text{NOx}} \alpha=1$	мг/м <sup>3</sup>	$2,784 \cdot C_{\text{NOx}} \cdot h \cdot (2,73+T) / P_{\text{бар}}$

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
30	Масова концентрація CO приведена до нормальних умов при $\alpha=1$	$C^{CO}$ $\alpha=1$	мг/м <sup>3</sup>	$2,784 \cdot CCO_x \cdot h \cdot (2,73+T)/P_{бар}$
31	Коефіцієнт розбавлення	h	-	$VRO_2^{max} / (VRO_2 + V_{CO} + V_{CH_4})$
32	Теоретична концентрація діоксидів в сухих продуктах згоряння при $\alpha=1$	$VRO_2^{max}$	%	для природного газу V = 11,8
33	Нижча теплота згоряння палива віднесена до об'єму сухих продуктів згоряння при $\alpha=1$	L	МДж/м <sup>3</sup>	для природного газу L = 4,187
34	Атмосферний тиск	Pб	мм.рт.ст	заміряно
35	Температура проб викидів для аналізу	T	° C	заміряно
36	Теоретичний об'єм водяної пари в продуктах згоряння	$V^{H_2O}$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$0,01(H_2 + 2CH_4 + H_2S + n/2C_mH_n + 0,12d_r) + 0,16$ $V^o$
37	Об'єм сухих продуктів згоряння	$V_{к}^{сг}$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$\frac{CO_2 + CO + CH_4 + H_2S + \Sigma mC_mH_n}{CO_2 + CO' + CH_4' + SO_2' + \Sigma mC_mH_n'}$
38	Об'єм водяної пари в продуктах згоряння	$V_{H_2O}$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$V_o + 0,016 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_o$
39	Об'єм азоту при $\alpha=1,0$	$V^{N_2}$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$0,79V_o + N_2/100$

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
40	Повний об'єм продуктів згорання при $\alpha > 1,0$	$V^o_r$	$\text{м}^3/\text{м}^3$	$V^o\text{RO}_2 + V^o\text{N}_2 + V^o\text{N}_2\text{O} + 0,016 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o$
41	Загальна кількість димових газів	$V_r$	$\text{м}^3/\text{год}$	$B_r \cdot V^o_r (273 + T) / 273$
42	Питомі викиди $\text{NO}_x$ на 1 Гкал виробленого тепла	$B_{\text{nox}}$	$\text{г}/\text{Гкал}$	$B_r \cdot C^{\text{nox}} \alpha = 1 \cdot V^o_{\text{cr}} \cdot 10^{-3} / Q$
43	Питомі викиди $\text{CO}$ на 1Гкал виробленого тепла	$B_{\text{CO}}$	$\text{г}/\text{Гкал}$	$B_r \cdot C^{\text{CO}} \alpha = 1 \cdot V^o_{\text{cr}} \cdot 10^{-3} / Q$
44	Питомі викиди на $1 \text{ м}^3$ спалюваного газу:	$b_{\text{nox}}$ $b_{\text{CO}}$	$\text{г}/\text{м}^3$	$c^{\text{nox}} \alpha = 1 V^o_{\text{cr}} 10^{-3} / B_r$ $c^{\text{CO}} \alpha = 1 V^o_{\text{cr}} 10^{-3} / B_r$
45	Секундний викид $\text{CO}$	$C^{\text{сек}}$ $\text{CO}$	$\text{г}/\text{с}$	$B_{\text{CO}} \cdot Q / 3600$
46	Секундний викид $\text{No}_x$	$C^{\text{сек}}$ $\text{No}_x$	$\text{г}/\text{с}$	$B_{\text{NO}_x} \cdot Q / 3600$

2.5 Розрахунок об'єму повітря для горіння, склад та тепловміст продуктів згорання

Розрізняють вищу та нижчу теплоту згорання палива.

Вища теплота згорання палива  $Q_B^p$  – теплота, що виділяється при повному окисненні горючих складових палива і теплота що виділяється при конденсації водяної пари, що міститься в продуктах згорання палива.

Нижча теплота згорання палива  $Q_H^p$  – теплота, що виділяється при повному окисненні всіх горючих складових палива.

Повний об'єм продуктів згорання визначається як сума об'ємів окремих газів, віднесених до одиниці палива

$$V_{\Gamma} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{CO} + V_{H_2} + V_{N_2} + \Sigma V_{C_m H_n} + V_{O_2} + V_{H_2O}. \quad (2.1)$$

До продуктів повного згорання відносяться  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2O$ , до продуктів неповного згорання:  $CO$ ,  $H_2$ ,  $C_m H_n$ . Крім того, в газах є складові повітря  $N_2$  і  $O_2$ .

В розрахунках використовується поняття об'єму трьохатомних газів

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} \quad (2.2)$$

та об'єму двоатомних газів

$$V_{R_2} = V_{N_2} + V_{O_2}. \quad (2.3)$$

Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного згорання 1 м<sup>3</sup> газоподібного палива, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$$V^o = 0,0476 \left[ 0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \Sigma \left( m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right], \quad (2.4)$$

де  $CO$ ,  $H_2$ ,  $H_2S$  – вміст компонентів газу по об'єму, %.

Теоретичний об'єм двоатомних газів в продуктах згорання ( $N_2$ ), м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V^o + \frac{N_2}{100}. \quad (2.5)$$

Об'єм сухих трьохатомних газів в продуктах згорання ( $CO_2 + SO_2$ ), м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \Sigma m \cdot C_m H_n). \quad (2.6)$$

Теоретичний об'єм водяних парів в продуктах згорання, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot \left( H_2O + H_2 + \sum \frac{n}{2} \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{г.тл} \right) + 0,0161 \cdot V^o, \quad (2.7)$$

де  $d_{г.тл}$  – вологовміст газоподібного палива, віднесене до 1 м<sup>3</sup> сухого газу. В розрахунках приймають  $d_{г.тл} = 10$  г/м<sup>3</sup>.

Для коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha > 1$ , об'єм водяних парів в продуктах згоряння, м<sup>3</sup>/кг (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>)

$$V_{H_2O} = V_{H_2O} + 0,0161 \cdot V^o \cdot (\alpha - 1). \quad (2.8)$$

Для коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha > 1$ , сумарний об'єм димових газів, м<sup>3</sup>/кг (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>)

$$V_{г} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + V^o \cdot (\alpha - 1), \quad (2.9)$$

Об'ємна доля сухих трьохатомних газів  $r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_{г}$

Об'ємна доля водяних парів  $r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{г}$

Сумарна об'ємна доля всіх трьохатомних газів  $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$

Температура конденсації водяних парів, °С

$$t_k = 19,48 \cdot \ln(r_{H_2O}) + 91,48. \quad (2.10)$$

Мінімально допустима температура на поверхні нагріву, °С

$$t_{cm} = t_k + 10. \quad (2.11)$$

Ентальпія газоподібних продуктів згоряння визначається як сума ентальпій окремих складових димових газів

$$I_{yx} = V_{RO_2} \cdot (c_{\vartheta})_{RO_2} + V_{N_2} \cdot (c_{\vartheta})_{N_2} + V_{H_2O} \cdot (c_{\vartheta})_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^o \cdot (c_{\vartheta})_{пов}, \quad (2.12)$$

де  $V_{RO_2}, V_{H_2O}, V_{N_2}$ , – об'єми складових газів, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$(c_{\vartheta})$  - питомі ентальпії складових газів, кДж/м<sup>3</sup>.

Ентальпія холодного повітря на вході в пальник

$$I_{\text{XB}} = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{\text{XB}}, \quad (2.13)$$

де  $t_{\text{XB}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

По даним розрахунків отримано режимну карту котла.

## РЕЖИМНА КАРТА

пп	Найменування параметру	Усл. позн	Од. вим	Навантаження				
				36,43	39,13	41,83	47,23	58,02
1	Теплопродуктивність	Qк	Гкал/год.	3,02	3,25	3,47	3,92	4,82
2	Витрата газу по приладу	Гк.	м3/ч	355	385	410	460	550
3	Температура відхідних газів	т <sub>ух.г.</sub>	*С	120	128	132	139	148
4	Коефіцієнт збитку повітря в відх. газах	L		1,57	1,57	1,55	1,48	1,36
5	ККД котла (брутто)	КПДобр	%	89,18	88,98	89,03	89,40	90,00
6	Пит.витрата умовного палива на 1 Гкал	Ву	кг.у.т/Гкал.	160,2	160,6	160,5	159,8	158,7
7	Температура води на вході в котел	t <sub>1.</sub>	*С	70	70	70	70	70
8	Температура води на виході з котла	t <sub>2.</sub>	*С	97	99	101	105	113
9	Витрата води через котел	Гк	м3/ч	112	112	112	112	112
10	Тиск газа перед пальниками	Рггор.	кг-с/м2	300	350	400	500	600
11	Тиск повітря після вентилятора	Нвен.	кг-с/м2	6	8	10	12	14
12	Температура наружного воздуха	т <sub>х.в.</sub>	*С	10	10	10	10	10
13	Розрядження в топці	St	кг-с/м2	2,5±1	2,5±1	2,5±1	2,5±1	2,5±1
14	Гідравлічний опір котла	P	кг-с/см2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
15	Концентрація в відхідних газах:							
	диоксид вуглерода	CO <sub>2</sub>	об.%	7,2	7,2	7,3	7,6	8,4
	оксид вуглерода	CO	об.%	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
	кисень	O <sub>2</sub>	об.%	8,2	8,2	8,1	7,3	6,1
	диоксид азоту	NO <sub>x</sub>	об.%	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007
16	Втрати тепла з відхідними газами	q <sub>2</sub>	%	6,68	7,17	7,36	7,41	7,40
17	Втрати тепла в навколишнє серед.	q <sub>5</sub>	%	4,12	3,83	3,59	3,18	2,97
18	Втрати тепла від хім.недопалу	q <sub>3</sub>	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
19	Концентрація приведена до L=1::							
	оксид вуглерода	CO	мг/м3	102,5	102,5	101,7	95,8	88,1
	диоксид азота	NO <sub>x</sub>	мг/м3	168,4	171,8	173,8	176,3	193,9
20	Тип пальника	подовая						
21	Кількість працюючих пальників	п	шт.	4	4	4	4	4
	Питомий викид CO	вCO	г/Гкал.	115,0	115,2	114,3	107,2	97,0
	Питомий викид NO <sub>x</sub>	вNO <sub>x</sub>	г/Гкал.	188,9	193,1	195,2	197,2	215,4
22	Масовий викид:							
	оксид вуглерода	CO	г/сек.	0,097	0,10	0,11	0,12	0,13
	диоксид азоту	NO <sub>x</sub>	г/сек.	0,16	0,17	0,19	0,21	0,29

**Примітка:** 1 Режимна карта розроблена при спалюванні палива  $Q_{нр}=8250 \text{ ккал/м}^3$

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ НА КОТЕЛЬНІЙ

#### 3.1. При підготовці котла до розпалення оператор повинен

Перед розпаленням ретельно перевірити:

- а) справність топки і газоходів, запірних і регулюючих приладів;
- б) справність контрольно-вимірювальних приладів, арматури, гарнітури, живильних приладів, димососів і вентиляторів, а також наявність природної тяги;
- в) справність устаткування для спалювання відповідного виду палива;
- г) заповнення котла водою до відмітки нижчого рівня, а при наявності водяного економайзера - заповнення його водою;
- д) чи тримається рівень води в котлі і чи немає пропускання води через лючки, фланці та арматуру;
- е) чи немає заглушок перед і після запобіжних клапанів і газопроводах, на живильній спускній і продувній лініях;
- ж) відсутність в топці і газоходах людей чи сторонніх предметів.

Провентилювати топку і газоходи протягом 10 - 15 хвилин (залежно від конструкції котла) шляхом відкриття дверей топки, піддувала, шиберів для регулювання подачі повітря, заслонок природної тяги, а при наявності димососів і вентиляторів - шляхом їх включення. До включення димососа для вентиляції топки і газоходів у котлів, працюючих на газоподібному паливі, необхідно переконатися, що ротор не торкається корпусу димососа, для чого ротор прокручується вручну. Включення димососів у вибухонебезпечному виконанні допускається тільки після провітрювання котлів природною тягою і після перевірки справності димососа.

Для котла, працюючого на газоподібному паливі, після виконання вимог:

- а) перевірити справність газопроводу і встановлених на ньому кранів і засувок (вся запірна арматура на газопроводах повинна бути закрита, а крани на продувальних газопроводах - відкриті);
- б) продути газопровід через продувальну свічку, поступово відкриваючи засувки на відгалуженні газопроводу до котла. Якщо після перевірки



газоаналізатором (або іншим надій-ним засобом) виявиться, що в газопроводі відсутня вибухонебезпечна газоповітряна суміш, свічку треба закрити;

в) переконатися у відсутності витікання газу з газопроводів, газового обладнання й арматури шляхом омилування нарізних і фланцевих з'єднань. Користування відкритим вогнем при виконанні цієї роботи категорично забороняється;

г) перевірити за манометром відповідність тиску газу, а при двопровідних пальниках, крім того, відповідність тиску повітря перед засувками пальників при працюючому дуттьовому вентиляторі, встановленому тиску;

д) відрегулювати тягу котла, що розпалюється, встановивши розрідження в топці (2...3) мм водяного стовпчика.

Для котла, працюючого на рідкому паливі, температуру палива довести до величини, встановленої в інструкції, прогріти парову лінію до форсунок.

Переконавшись у справності устаткування за змінним журналом, оператор (старший оператор) повинен зробити запис про здавання і прийняття зміни.

Якщо при перевірці буде виявлена не-справність устаткування, то приймаючий зміну оператор (старший оператор) повинен зробити про це запис у змінному журналі і сповістити про це особу, відповідальну за справний стан і безпечну експлуатацію котлів для прийняття відповідного рішення з цього питання і надання необхідної вказівки операторові.

Операторові забороняється залишати робоче місце за відсутності змінного. У випадку відсутності останнього це необхідно довести до відома особи, відповідальної за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальника котельної), і керуватися його вказівками.

Не дозволяється приймати та здавати зміну під час ліквідації аварії в котельній.

Оператор під час зміни не повинен ухилятися від виконання обов'язків, покладених на нього виробничою інструкцією.

Операторові забороняється залишати ко-тли без нагляду до повного припинення горіння в топці, вилучення з неї решток палива і зниження тиску до

нуля. Котли, які не мають цегляної кладки, допускається залишати в закритому на замок приміщенні, не очікуючи на зниження тиску до атмосферного, якщо після припинення горіння в топці і вилучення решток палива з неї, а також шлаку і золи з бункера тиск в котлі почав знижуватися.

Оператор не повинен допускати в котельню сторонніх осіб. Вони можуть бути допущені тільки з дозволу адміністрації та у супроводі її представника.

Приміщення котельної, котли і все устаткування повинні утримуватись в справному стані і належній чистоті. Забороняється завалювати приміщення котельної чи зберігати в ньому матеріали і предмети. Проходи в котельному приміщенні і виходи з нього мають бути завжди вільними. Двері для виходу з котельної повинні легко відчинятися назовні.

### 3.2. При розпаленні котлів оператор повинен

Виконувати розпалення котлів тільки за наявності розпорядження, записаного в змінному журналі особою, відповідальною за справний стан і безпечну експлуатацію котлів, чи особою, що замінює таку. В розпорядженні повинні бути зазначені тривалість заповнення котла водою та її температура. Оператор повинен бути завчасно попереджений про час розпалювання котла.

Виконувати розпалення котлів протягом часу, встановленого адміністрацією, при слабкому вогні, зменшеній тязі, закритому паровому вентилі, відкритому запобіжному клапані або вентилі (крані) для випуску повітря. При розпаленні котла необхідно забезпечити рівно-мірний прогрів його частин і завчасно ввімкнути прилад для підігріву води в нижньому барабані котла.

Застосування при розпаленні котла, працюючого на твердому паливі, легкозаймистих матеріалів (бензину, гасу та ін.) не допускається.

При наявності у пароперегрівача котла приладу для запобігання перегріву його елементів при розпалюванні котла ввімкнути цей прилад.

При наявності у водяного економайзера обвідного газоходу гарячі газы з котла необхідно спрямувати через цей газохід, закривши заслінку для пропускання

газів через економайзер. Переводити гарячі гази на газохід економайзера належить після того, як установиться регулярне живлення котла.

За відсутності обвідного газоходу для попередження нагріву води в економайзері ви-ще допустимої температури здійснювати прокачування через економайзери води, що направляється по змінній лінії в бак або дренаж.

Якщо котли мають водяні економайзери киплячого типу і рециркуляційні лінії, що з'єднують водяний простір барабана з нижніми колекторами економайзера, то перед розпалюванням котла відкрити вентилі на цих лініях.

Пальник котла, працюючого на газоподібному паливі, запалювати таким чином: внести в топку до гирла пальника, що включають, за-пальник, подати газ, поволі відкриваючи засув-ку перед пальником і стежити за тим, щоб він загорівся одразу, тут же почати подачу повітря, потім збільшити подачу газу і повітря, одночасно регулюючи розрідження в топці і полум'я у пальнику. Вилучити запальник з топки після одержання стійкого полум'я.

Якщо до запалювання пальника полум'я запальника згасло, негайно припинити подачу газу в пальник, вилучити запальник з топки і провентилювати топку та газоходи протягом (10... 15) хвилин. Тільки після цього можна приступати до розпалювання пальника.

При наявності у котла кількох пальників їх запалювання виконується послідовно.

Якщо при розпаленні погаснуть всі або частина запалених пальників, негайно припини-ти подачу газу до них, вилучити з топки запальник і провентилювати топку та газоходи протягом (10...15) хвилин. Тільки після цього повторно запалити пальники.

Запалюючи пальники, не слід стояти про-ти отворів (розпалювальних люків), щоб не постраждати від випадкового викиду з топки полум'я. Оператор має бути забезпечений засобами індивідуального захисту (захисні окуляри та ін.).

Операторові забороняється:

а) запалювати в топці погаслий газ без закриття подачі газу на пальники котла попередньої вентиляції топки і газоходів;

б) запалювати газовий факел від сусіднього пальника.

Запалювання топок котлів, обладнаних автоматикою, виконувати з обов'язковим додержанням вимог Інструкції заводу виготовлювача котлів або спеціалізованих пусконаладжувальних організацій з обслуговування автоматики.

При паровому розпиленні рідкого палива для розпалювання форсунки в топку ввести палаючий розпалювальний факел, подати пар до форсунки, а після цього - паливо шляхом поступового відкриття вентиля.

Після запалення мазуту, змінюючи подачу мазуту, пари і повітря, відрегулювати го-ріння.

При механічному розпиленні мазуту після внесення в топку палаючого розпалювального факела або включення автоматики розпалювання, причинити повітряний шибер і, поволі відкриваючи вентиль, подати мазут в топку.

Розпалювальний факел видалити з топки лише тоді, коли горіння стане тривалим. Якщо мазут не загорівся, негайно припинити подачу його в форсунки, забрати з топки розпалювальний факел і провентилювати топку, газоходи і повітропроводи протягом (10 ... 15) хвилин, установити причину не загорання палива та усунути її. Тільки після цього знову приступити до розпалювання форсунки.

При наявності у котлах кількох форсунок розпалювання їх виконувати послідовно.

Якщо при розпалюванні погаснуть всі працюючі форсунки, негайно припинити подачу в них палива, видалити з топки ручні розпалювальні факели і провентилювати топку, димоходи і воздухопроводи протягом (10...15) хвилин при працюючому димососі і вентиляторі. Після цього можна знову розпалювати форсунки.

Якщо погасне частина працюючих форсунок, слід негайно припинити подачу палива в ці форсунки, а потім запалити їх з допомогою палаючого ручного розпалювального факела.

Розпалюючи форсунки, не можна стояти проти отворів (розпалювальних люків), щоб не постраждати від випадкового викиду полум'я.

Операторові забороняється запалювати факел форсунки від сусідньої розжареної кладки топки (без розтоплювального факела).

Коли з відкритого запобіжного клапана або повітряного вентиля почне виходити пара, закрити запобіжний клапан або повітряний вентиль і відкрити продувальний вентиль за пароперегрівачем.

Підтягування болтів, лазів, люків під час розпалювання котла виконувати з великою обережністю, тільки нормальним ключем, без застосування продовжуючих важелів і в присутності особи, відповідальної за справний стан і безпечну експлуатацію котлів.

Для котлів з робочим тиском до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) підтягування болтів, лазів і люків допускається при тисненні не більш 50 відсотків робочого тиску від 0,6 до 6 МПа (від 6 до 60 кгс/см<sup>2</sup>) - при тиску не більш 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>), понад 6 МПа (60 кгс/см<sup>2</sup>) - при тиску не більш 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>).

При розпаленні вести контроль за переміщенням елементів котла при тепловому розширенні за показчиками переміщення.

### 3.3 При включенні котла в роботу оператор повинен

Перевірити:

- а) справність дії запобіжних клапанів, показчиків рівня води, манометра і живильних пристроїв;
- б) показання знижених показчиків рівня води за показчиками рівня води прямої дії;
- в) включення і працездатність автоматики безпеки, сигналізаторів і апаратури автоматичного управління котлів;
- г) продувку котла.

Перевірка справності дії запобіжних клапанів, показчиків рівня води, манометра, а також продувка котла повинні проводитись в рукавицях, з метою виключення опіків обслуговуючого персоналу.

Забороняється пуск у роботу котлів з не-справною арматурою, живильними приладами, автоматикою безпеки і засобами протиаварійного захисту і сигналізації.

Включення котла в паропровід необхідно виконувати поволі, після ретельного прогріву і продувки паропроводу. При прогріві стежити за справністю паропроводу, компенсаторів, опор і підвісок, а також за рівномірним розширенням паропроводу. При виникненні вібрації чи різких ударів припинити прогрів до усунення дефектів.

При підключенні котла до паропроводу, що знаходиться в роботі, слід пересвідчитися, що тиск в котлі є рівним або нижчим за тиск в паропроводі, але не більш як на 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>), при цьому горіння в топці зменшити. Якщо при цьому в паропроводі будуть виникати поштовхи або гідравлічні удари, негайно припинити включення котла і збільшити продувку паропроводу.

В міру підвищення навантаження котла зменшити продувку пароперегрівача, а при досягненні приблизно половини нормального на-вантаження - продувку припинити.

Час початку розпалювання і включення котла в роботу записати в змінному журналі.

#### 3.4 При роботі котла оператор повинен

Уважно стежити за справністю котла і всього устаткування котельної і суворо дотримувати встановленого режиму роботи котла.

Виявлені в процесі роботи устаткування несправності записувати в змінний журнал. Вживати термінових заходів до усунення несправностей, що загрожують безпечній і безаварійній роботі устаткування. Якщо несправності усунути

власними силами неможливо, повідомити про це особу, відповідальну за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальника котельної).

Особливу увагу під час роботи звертати на:

а) підтримування нормального рівня води в котлі і рівномірне живлення його водою. При цьому не допускати, щоб рівень води опускався нижче допустимого нижчого рівня чи підіймався вище допустимого вищого рівня;

б) підтримування нормального тиску пари (підвищення тиску в котлі вище дозволеного не допускається);

в) підтримування температури перегрітої пари, а також температури живильної води економайзера;

г) нормальну роботу пальників (форсунок).

Перевірка справності дії манометрів, запобіжних клапанів, покажчиків рівня води і живильних насосів повинна виконуватись із записом у змінний журнал у такі терміни:

а) для котлів з робочим тиском до 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) включно - не рідше одного разу на зміну;

б) для котлів з робочим тиском понад 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) і до 4 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup> включно) - не рідше одного разу на добу (крім котлів, установлених на теплових електростанціях);

в) для котлів, установлених на теплових електростанціях, відповідно до графіка, затвердженого головним інженером.

Про результати перевірки необхідно зробити запис у змінному журналі.

Перевірка справності манометра виконується з допомогою триходового крана або запірних вентилів, що замінюють його, шляхом встановлення стрілки манометра на нуль.

Не рідше одного разу на 12 місяців манометри повинні бути перевірені з установленням клейма або пломби відповідно до порядку, передбаченого Держстандартом України.

Перевірка показчиків рівня води проводиться шляхом їх продувки. Справність зниження показчиків рівня перевіряється порівнянням їх показань із показаннями показчиків рівня води прямої дії.

Справність запобіжних клапанів перевіряється примусовим короткочасним їх «підривом».

Робота котлів із зламаними чи невідрегульованими запобіжними клапанами забороняється.

Забороняється заклинювати запобіжні клапани або додатково навантажувати їх.

Справність всіх живильних насосів або інжекторів необхідно перевіряти шляхом короткочасного пуску кожного з них у роботу.

Перевірка справності сигналізації та автоматичного захисту повинна проводитись у відповідності з графіком та інструкцією, розробленими та затвердженими адміністрацією підприємства (власником котлів) в установленому порядку.

Закидання твердого палива на колосникові ґрати ручної топки здійснювати невеликими порціями, якомога швидше, при ослабленому або виключеному дутті. При наявності кількох завантажувальних дверцят завантаження палива крізь кожні дверцята здійснювати за чергою, після того як раніш закинута в попередні дверцята паливо почне розгорятися.

Висоту шару палива на колосникових ґратах підтримувати залежно від сорту та якості палива за вказівкою адміністрації. При збільшенні навантаження котла необхідно спочатку збільшити тягу, а після цього додати дуття, при зниженні - спочатку зменшити дуття, а потім тягу. Дверцята топок повинні бути зачинені і замкнені на клямки.

Якщо котел працює на газоподібному паливі, для збільшення навантаження необхідно поступово спочатку збільшувати подачу газу (а потім повітря) і відрегулювати тягу, для зменшення - спочатку убавити подачу повітря, потім газу, після чого відрегулювати тягу.



Якщо при роботі котла на газі погаснуть всі пальники або частина з них (припиниться подача повітря до пальників, що працюють із примусовою подачею повітря, чи різко підвищиться тиск газу перед пальниками), негайно припинити подачу газу до пальників, перекривши для цього вимикальну арматуру перед пальниками, провентилювати топку, газоходи і повітроводи, з'ясувати та усунути причину по-рушення нормального режиму горіння; після цього розпочати повторне розпалювання котла, зробивши відповідний запис у вахтовому журналі.

При роботі котла на рідкому паливі для збільшення навантаження додати тягу, збільшити подачу повітря, потім мазуту (на парових форсунках перед збільшенням подачі мазуту збільшити подачу пари); для зменшення — спочатку зменшити подачу мазуту, пари і повітря, а потім зменшити тягу.

У разі, якщо при роботі котла на рідкому паливі погаснуть всі форсунки, негайно припинити подачу палива (а також пари при паровому розпиленні), зменшити дугтя і тягу та усунути причину припинення горіння.

Періодичну продувку котла проводити в терміни, встановлені згідно з графіком та інструкцією, розробленими та затвердженими адміністрацією підприємства (власником котлів), у присутності старшого по зміні оператора. Про належну продувку котла повинні бути попереджені персонал, який працює в котельній, а також особи, які ремонтують сусідні котли. До продувки переконались у справності водовказівних приладів, пристроїв живлення і на-явності води в баках живлення, а також у тому, що котли, які знаходяться в ремонті або чистці, відключені від продувальних ліній.

Рівень води в котлі перед продувкою по-винен бути трохи вищим від нормального.

Відкриття продувальної арматури виконувати обережно і поступово. При наявності двох запірних пристроїв спочатку відкрити другий від котла пристрій, а після припинення продувки спочатку закрити перший від котла пристрій.

Періодична продувка повинна виконуватися двома особами, одна з яких безпосередньо відкриває і закриває вентилі, а друга - спостерігає за водовказівними приладами. В разі виникнення в продувальних лініях гідравлічних

ударів, вібрації трубопроводу чи інших відхилень від нормальних режимів роботи продувка повинна бути негайно припинена. По закінченні продувки треба переконатися, що запірні органи на продувній лінії надійно закриті і не пропускають воду.

Забороняється здійснювати продувку при несправній продувальній арматурі, відкривати і закривати арматуру ударами молотка чи інших предметів, а також за допомогою подовжуючих важелів. Час початку і закінчення продувки котла слід записати в змінному журналі.

Забороняється проводити під час роботи котла підчekanення заклепочних швів, заварку елементів котла і т. п.

Чищення ручної топки проводити при зниженому навантаженні котла, ослабленому або виключеному дутті і зниженій тязі.

При ручному золовидаленні шлак і зола, які видаляються з топки в бункер, заливають водою в самому бункері або у вагонетці, якщо остання встановлена під шлаковим затвором в ізольованій камері. Спуск шлаку і золи виконувати з відома старшого оператора котла. Перед спуском шлаку і золи з бункера чи топки попередити всіх робітників, які знаходяться в зольному приміщенні.

При відкриванні шлакових затворів не дозволяється перебувати поблизу них.

При вилученні шлаку і золи з топки без-посередньо на робочу площадку, над місцем їх заливки включити витяжну вентиляцію.

Видалення з поверхні нагрівання котлів шлаку, золи обдуванням виконувати в терміни, встановлені адміністрацією підприємства (власником котлів). Перед обдуванням котла збільшити тягу. Якщо тяга не може бути збільшена, послабити горіння в топці шляхом зменшення дуття. Обдування проводити за ходом газів, починаючи з поверхонь нагрівання, розміщених у топковій камері чи в першому газозоді котла. Про проведення цієї роботи необхідно попередити весь персонал, який його обслуговує.

Щоб уникнути опіків, слід ставати осторонь від дверцят.

Обдувку негайно припинити, якщо під час її проведення виникає вибивання газів через люки, а також при виявленні несправностей ко-тла або обдувального пристрою.

Всі пристрої та прилади автоматичного управління і безпечної роботи котла підтримувати в справному стані і регулярно перевіряти. Порядок і терміни перевірки повинні бути вказані в інструкції, розробленій та затвердженій адміністрацією підприємства (власником котла) в установленому порядку.

### 3.5 При зупинці роботи котла оператор повинен

В усіх випадках зупинення, за винятком аварійного, необхідно проводити тільки після одержання письмового дозволу адміністрації підприємства (власника котла).

При зупиненні котла:

- а) підтримувати рівень води в котлі вище середнього робочого положення;
- б) припинити подачу палива в топку;
- в) відключити його від паропроводів після повного припинення горіння в топці і припинення відбору пари, а при наявності пароперегрівача - відкрити продувку. Якщо після відключення котла від паропроводу тиск в котлі підвищується, підсилити продувку пароперегрівача. Дозволяється також зробити невелику продувку котла і поповнення його водою;
- г) зробити розхолодження котла і спуск води з нього в порядку, встановленому адміністрацією.

При зупиненні котла, який працює на твердому паливі, оператор повинен:

- а) допалити при зменшених дутті і тязі рештки палива, які знаходяться в топці. Забороняється гасити паливо, яке горить, засипаючи його свіжим паливом або заливаючи водою;
- б) припинити дуття і зменшити тягу;
- в) очистити топку і бункери;

г) припинити тягу, закривши димову заслінку, топкові і піддувальні дверцята (при механічній топці припинити тягу після охолодження ґратів).

При зупиненні котла, що працює на газо-подібному паливі з примусовою подачею повітря, зменшити, а потім зовсім припинити подачу до пальників газу, а слідом за цим - повітря. При інжекційних пальниках спочатку припинити подачу повітря, а потім газу. Після відключення всіх пальників відключити газо-провід котла від загальної магістралі, відкрити продувальну свічку на відводі, а також провентилювати топку, газоходи і повітропроводи.

При зупиненні котла, що працює на рід-кому паливі, оператор повинен:

- а) закрити подачу палива в форсунку;
- б) припинити подачу пари в парову форсунку або повітря при повітряному розпиленні;
- в) при наявності кількох форсунок про-водити її виключення послідовно, зменшуючи дугтя і тягу;
- г) провентилювати топку, газоходи, після чого закрити дугтя і тягу.

Консервацію зупинених котлів проводити у відповідності з вказівками, зазначеними в інструкції заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації котлів.

### 3.6 При аварійних ситуаціях оператор зобов'язаний

Без одержання розпорядження в аварій-них випадках негайно зупинити котел і повідомити про це особу, відповідальну за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальника котельної), або особу, яка заміняє його.

Це він повинен зробити:

- а) при виявленні несправності запобіжно-го клапана або інших запобіжних пристроїв, що заміняють його;
- б) якщо тиск в барабані котла піднявся вище дозволеного більше ніж на 10 відсотків і продовжує підвищуватися, незважаючи на припинення подачі палива, зменшення тяги, дугтя і посилене живлення котла водою;

в) якщо стався спуск води у котлі (нижче нижньої кромки водовказівного скла). Підживлення котла водою при цьому категорично забороняється;

г) якщо рівень води швидко знижується, незважаючи на підсилене живлення котла водою;

д) якщо рівень води піднявся вище верхнього допустимого рівня і продувкою котла не вдається знизити його;

е) якщо припинена дія всіх живильних приладів;

ж) якщо припинена дія всіх показчиків рівня води;

з) якщо в основних елементах котла (барабані, колекторі, камері, жаровій трубі, вогневій коробці, кожусі топки, трубних ґратах, зовнішньому сепараторі, паропроводі і т. п.) будуть виявлені тріщини, випини, пропуски в зварних швах, обрив анкерного болта або двох чи більше зв'язувань;

и) якщо виявлена загазованість котельної з котлами, що працюють на газоподібному паливі, припинена подача газу, стався вибух газоповітряної суміші в топці котла або газоходах;

і) якщо припинено подачу електроенергії при штучній тязі, а також пошкоджені елементи котла та його обмурування, що створює загрозу для обслуговуючого персоналу або руйнування котла;

к) при недопустимому підвищенні чи зниженні тиску в тракті прямогочного котла до вмонтованих засувок;

л) при згасанні факелів в топці при камерному спалюванні палива;

м) при зниженні витрачення води через водогрійний котел нижче мінімально допустимого значення;

н) при зниженні тиску води в тракті водогрійного котла;

о) при підвищенні температури води на виході з водогрійного котла до 200 С нижче температури насичення, яка відповідає робо-чому тиску води у вихідному колекторі котла;

п) при несправності автоматики безпеки чи аварійної сигналізації, включаючи зникнення напруги на цих приладах;

р) якщо виникла пожежа в котельній чи зайнялася сажа або частинки палива в газоходах, що загрожує обслуговуючому персоналу чи котлу, при цьому весь обслуговуючий персонал котельної, який працює на зміні, повинен вжити заходів до погашення пожежі згідно з планом ліквідації можливих аварійних ситуацій і, у разі необхідності, викликати пожежну команду.

Причини аварійного зупинення котла за-писати в змінному журналі.

При появі течі в заклепочних швах або в місцях вальцювання труб, свищів на трубах по-верхні нагріву котла, а також при інших пошкодженнях і несправностях котла, арматури, що не вимагають негайного його зупинення, терміново повідомити про це адміністрацію і зробити запис у змінному журналі,

При аварійному зупиненні котла опера-тор повинен:

- а) припинити подачу палива і повітря, різко послабити тягу;
- б) якомога швидше видалити паливо, що горить з топки; у виняткових випадках, якщо це необхідно, паливо, що горить, залити водою, спостерігаючи за тим, щоб струмінь води не потрапляв на стінки котла та обмурування;
- в) після припинення горіння в топці відкрити на деякий час димову заслінку, а в ручних топках - топкові дверцята;
- г) відключити котел від головного паропроводу;
- д) випускати пару крізь підняті запобіжні клапани або аварійний вихлопний вентиль.

При зупиненні котла через спалахування сажі або внесення палива в економайзері, пароперегрівачі або газоходах негайно припинити подачу палива і повітря в топку, припинити тягу, зупинивши димососи і дуттьові вентилятори, та повністю перекрити повітряні і газові заслінки. Якщо можливо, наповнити газохід па-рою і після припинення горіння провентилувати топку,

При пожежі в котельні з котлами, які працюють на газоподібному паливі, негайно відключити газопровід котельної за допомогою засувки, встановленої поза приміщенням котельної.

Аварійна зупинка котлів на теплових електростанціях повинна здійснюватися відповідно до вимог Правил технічної експлуатації електричних

станцій і мереж, затверджених Міністерством енергетики та електрифікації СРСР 20.02.89.

### 3.7 При виконанні ремонтних робіт оператор повинен

До початку проведення будь-яких робіт всередині котла, з'єднаного з іншими працюючими котлами загальними трубопроводами (паропровід, поживні, дренажні, спускні лінії і т. п.), а також перед оглядом чи ремонтом елементів, що працюють під тиском, відключити котел від усіх трубопроводів заглушками.

При цьому допускається відключення ко-тлів з тиском понад  $39 \text{ кгс/см}^2$  двома запірними органами, якщо між ними є дренажний пристрій з діаметром умовного проходу не менше 32 мм, що має пряме сполучення з атмосферою. В цьому випадку приводи запірних органів, а також вентилів відкритих дренажів закривати на запір так, щоб виключалася можливість ослаблення їх щільності при закритому замку. Ключ від замка повинен зберігатися в особи, яка від-повідає за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальника котельної). При роботі на газовому, рідкому і пиловидному паливі котел надійно роз'єднати із загальним топливопроводом.

Відкривання люків і лючків, а також ремонт елементів котлів проводити тільки за повної відсутності тиску. Перед відкриванням люків і лючків, розміщених у межах водяного простору, воду з елементів котлів і економайзерів видалити.

Виконання робіт всередині топок і газо-ходів котла проводити тільки при температурі (50...60) °C і за письмовим дозволом (наряд-допуск) особи, відповідальної за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальник котельні), після відповідної перевірки місця робо-ти.

Перед початком роботи топку і газоходи слід провентилювати, освітити і надійно захистити від можливого проникнення газів і пилу з газоходів працюючих котлів. При цьому чисто-та повітря в топці і газоходах повинна відповідати вимогам санітарних норм.

При роботі котла на газо- або пиловидному паливі необхідно також надійно відключити його заглушкою від загального газопроводу.

На вентилях, засувках і заслінках при відключенні діляниць трубопроводів і газоходів, а також на пускових пристроях димососів, дуттьових вентиляторах і живильниках палива вивісити плакати: «Не вмикати працюють люди». При цьому на пускових пристроях димососів, надувних вентиляторах і живильниках палива зняти плавкі вставки. Установку і зняття заглушок проводити за нарядом-допуском.

При роботі в котлі, на його майданчиках і в газоходах для електроосвітлення застосовувати напругу не вище 12 В.

Перед закриттям люків і лазів перевірити, і переконатися у відсутності всередині котла людей і сторонніх предметів, а також у наявності та справності приладів, що встановлюються всередині котла.

Якщо в котельній, яка працює на газоподібному паливі, не працювали всі котли, то при вході до неї перевірити газоаналізатором (або іншим надійним засобом) наявність газу в приміщенні.

При виявленні ознак загазованості приміщення котельної включення і виключення електроосвітлення та електрообладнання, зробленого не у вибухозахисному виконанні, роз-палення котлів, а також користування відкритим вогнем забороняється.

Включення електроосвітлення і штучної примусової вентиляції дозволяється тільки після того, як перевіркою буде встановлено, що приміщення котельної не загазовано.

### 3.8 Відповідальність оператора

Оператор (машиніст) котлів, навчений та атестований згідно з Правилами, несе відповідальність за порушення вимог, викладених у даній Інструкції, та у відповідності з чинним законодавством України.



## ВИСНОВОК

Сучасна ситуація в енергетиці потребує заміни застарілого теплоенергетичного обладнання на нове – ефективне та енергозберігаюче. Через це було розглянуто теплотехнічне устаткування – газовий котел, який має можливість забезпечити споживача гарячою водою та опаленням. Також, слід зауважити, що котли марки ТВГ-8М мають промислове призначення, завдяки чому їх можна використовувати для забезпечення потреб на промисловому рівні.

Проведення робіт з режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробувань котельного обладнання - це важливий етап експлуатації обладнання для виробництва тепла, гарячої води - котельні. Професійні налагодження і ефективна експлуатація котельні дозволяють скоротити викиди забруднюючих речовин і зменшити витрати на паливо для котельні. Режимна наладка котельні - це комплекс заходів. Який призначений, в першу чергу, для підвищення енергоефективності котельні. Еколого-технічне випробування направлене на:

- відновлення технічного стану пальникової групи (чищення, дефектування, заміна);
- перевірку параметрів роботи органів подачі паливного газу і повітря в топку відповідно до паспортних параметрів;
- перевірку достовірності показів штатних КВП і автоматики;
- візуальне виявлення дефектів, неприпустимих для посудин, що працюють під тиском;
- налаштування роботи органів подачі повітря і газу в топку чином, який забезпечує найвищий ККД на кількох режимах навантажень. В результаті отримується значна (а часто дуже значна) економія паливного газу;
- завершальне налагоджування режимів горіння з метою недопущення перевищення нормативів граничнодопустимих викидів, встановлених для обладнання;

- оцінку (інвентаризацію) обсягів викидів після випробувань. Якщо випробування проведені належним чином, то обсяг викидів повинен зменшитися, що дозволяє сплачувати менше податків за забруднення атмосферного повітря;

- розроблення режимних карт – документів, у яких вказані оптимальні параметри кожного з експлуатаційних режимів і при дотриманні яких забезпечується стабільна, економна та безпечна робота обладнання.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про внесення зміни до закону України «Про охорону атмосферного повітря». – К., 21.06.2001р.;
2. ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями»;
3. СН 245-71.Санітарні норми проектування промислових підприємств.
4. СНИП 4946-89. Санитарные правила по охране атмосферного воздуха населенных мест;
5. Гранично - допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферне повітря населених місць. м. Донецьк, 2002р.;
6. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996р. № 173;
7. ГҚД 34.02.305-2002 "Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок", чинний від 01.07.2002;
8. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Донецьк, УкрНЦТЕК, 1 том, 8 розділ, Газова промисловість, 2004р.;
9. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Донецьк, УкрНЦТЕК, 1 том, 5 розділ, Зварювальне виробництво, 2004р.;
10. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Донецьк, УкрНЦТЕК, 2 том, Механічна обробка металів, 2004р.;
11. Розрахунок викидів забруднюючих речовин проводився згідно методики

"Сборника методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами" – Л., Гидрометеиздат, 1986г.

12. Визначення концентрації в газових викидах вмісту оксидів азоту в перерахунку на діоксид азоту проводили згідно методики МВХ 08.316-2001 з використанням газоаналізатору TESTO 330-1,LL.

13. Визначення концентрацій в газових викидах вмісту оксиду вуглецю, діоксиду сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки проводили згідно методики МВХ 08.312-2001 з використанням газоаналізатору TESTO 340.

14. Визначення концентрації в газових викидах вмісту двоокису сірки НИПИ Энергосталь, Харьков. МВИ «Концентрации диоксида серы в газ пром. потоках»

15. МВВ № 081/12 -0161-05 Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації речовин у вигляді суспендованих твердих частинок в організованих викидах стаціонарних джерел гравіметричним методом.

16. МВВ № 081/12-0402-07 Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації марганцю в організованих викидах стаціонарних джерел фотокалориметричним методом. Викиди газопилові промислові.

17. МВВ № 081/12-0403-06 Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації заліза та його сполук в організованих викидах стаціонарних джерел фотокалориметричним методом. Викиди газопилові промислові.

18. Методика колориметричного визначення бензину, керосину, уайт-спіриту. Вказівки з аналітичного контролю газових викидів у атмосферне повітря товарів побутової хімії. Збірник методик. М., 1985

19. Методика колориметричного визначення ксилолу. Вказівки з аналітичного контролю газових викидів у атмосферне повітря товарів побутової хімії. Збірник методик. М., 1985

20. МВВ № 081/12-0424-07 Методика виконання вимірювань масової концентрації азотної кислоти в організованих викидах стаціонарних джерел. Викиди газопилові промислові.

21. Методика визначення аміаку методом зворотного титрування. Збірник методик по визначенню концентрацій забруднюючих речовин у промислових викидах. Ленінград, 1987

22. Для виміру температури використовувався вимірювач температури газів ИТ-1.

23. Для визначення атмосферного тиску використовувався барометр-анероїд БАММ-1.

24. Для визначення статичного та динамічного тиску використовувався мановакуумметр цифровий МЦ-1.

25. Для визначення швидкості газових потоків використовувався вимірювач швидкості газових потоків ИС-1.

26. Для здійснення відбору проб газових потоків використовувався електроаспіратор 222/15 СРЗ.

27. Роддатіс К.Ф., Полтарецький А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф. Роддатиса. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 488 с.

28. Спейшер В.А., Горбатенко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. Москва 1991.

29. V.Demchenko, A.Dolinsriy, A.Sigal The organization internal recirculation of smoke gases in reversive water-cooled chambers of combustion of boilers for their

modernization, preprint, «Advanced combustion and aerothermal technologies.» Kiev 2006. s. 42-49.

30. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Изд. 4-е. М.: Энергоатомиздат.

31. Контактно-поверхностный водонагреватель для локальной системы теплоснабжения. Декларационный патент Украины на полезную модель № 13302 // Бюл. №3, 2006 г.

32. Демченко В.Г. «Техніко-економічні аспекти спалювання крупно-фракційного твердого палива в енергетичних парових котлах». Доклад на 6-й международной конференции «Энергия из биомассы», Киев, 2010.

33. Тепловой расчёт котлов. Нормативный метод. - Санкт-Петербург, Издательство НПО ЦКТИ. 1998, - 256 с.

34. Демченко В.Г. Снижение выбросов NOx путём установки в топку котла экранов-отражателей. //Актуальные вопросы теплофизики и физической гидродинамики. г. Алушта 2005. С. 112-113.

35. Сигал И.Я. Малозатратные методы реконструкции существующих котлов. К.- 2002, Сборник трудов 12 конференции, Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики.

36. Демченко В.Г., Сігал О.І. Водогрійний котел. Деклараційний патент на винахід №81487, МПК 2006, F24H 1/28, F23C 9/00 від 10.01.2008, бюл. №1.

37. Демченко В.Г. Водогрійний жаротрубний котел. Патент на винахід №95495, Бюл. №15, 10.08.2011.

12. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. -660 с.

38. Филиппов Л.П. Прогнозирование теплофизических свойств жидкостей и газов. М.: Энергоатомиздат, 1988 - 168 с.

39. Теплоэнергетика и теплотехника (справочная серия). В 4 книгах. Книга вторая. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. М.: Изд-во МЭИ, 2001.

40. Теплотехника, под редакцией А.П.Баскакова, Москва, Энергоатомиздат, 1991, - 224 с.

41. Демченко В.Г., Макаруч І.В. Удосконалення топкових камер жаротрубних опалювальних котлів. // Восточно европейский журнал передовых технологий. 1/1 (49) 2011, С. 56-60.

42. Двойнишников, В. А. Конструкция и расчет котлов и котельных установок / В. А. Двойнишников, Л. В. Деев, М. А. Изюмов. - М. : Машиностроение, 1988. - 264 с.

43. Жданов Н. В. Повышение энергоэкологической эффективности сжигания газообразного топлива в водогрейных газотрубных котлах.

