

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістра

(освітній ступінь)

на тему «Підвищення енергоефективності водогрійної котельні»

08-11.МКР.003.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-18м
спеціальності

144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Гарбуз А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц., Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

Кафедра теплоенергетики

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 144 - теплоенергетика
(шифр і назва)

Освітня програма "Теплоенергетика"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ

С.Й.Ткаченко
" " "

20

року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гарбуз Анастасії Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення енергоефективності водогрійної котельні»
керівник роботи Степанова Н.Д., к.т.н., доц.

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.10.2019 року №
254

2. Строк подання студентом роботи 5 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи : Потужність системи опалення $Q_{оп} = 1,25$ МВт, система закрита, графік мережної води 95/70 °С, Температура зовнішнього повітря - 21 °С, газовий котел КОЛВІ-1500, твердопаливний котел ТИРАС-600, утилізатор теплоти відхідних газів потужністю 54 кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

аналітичний огляд літературної інформації, дослідження ефективності водогрійної котельні, теплова схема водогрійної котельні, технологія монтажу системи відведення та очищення димових газів, система автоматичного регулювання котельні, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, техніко-економічні показники роботи котельні

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

результати досліджень екологічних показників роботи водогрійної котельні; результати досліджень економічних показників роботи водогрійної котельні; схема котельні теплова принципова; план котельні; циклон ЦН-11; план котельні з розташуванням обладнання та трубопроводів; розрізи I-I, II-II і III-III з розташуванням обладнання та трубопроводів; схема монтажна

аксонометрична; календарний план монтажу системи відведення та очищення димових газів, функціональна схема автоматизації водогрійної котельні.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 8 жовтня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної інформації	08.09-18.09.2019	
2	Дослідження ефективності водогрійної котельні	21.09-27.09.2019	
3	Теплова схема водогрійної котельні	28.09.-03.11.2019	
4	Технологія монтажу системи відведення та очищення димових газів	04.11-10.11.2019	
5	Система автоматичного регулювання котельні	11.11-17.11.2019	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.11-24.11.2019	
7	Техніко-економічні показники роботи котельні	25.11-04.12.2019	

Студент

(підпис)

Гарбуз А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

Анотація

В магістерській кваліфікаційній роботі було проведено аналітичний огляд літературної інформації, проведено дослідження показників роботи методом числового експерименту та оцінено енергоефективність водогрійної котельні, проведено розрахунки по визначенню кількості шкідливих викидів при роботі водогрійної котельні, уточнено монтажну схему відведення та очищення димових газів та систему автоматичного регулювання котельні, визначено техніко-економічні показники котельні. Розроблено заходи з охорони праці.

Графічна частина роботи складається з десяти креслень формату А3.

Annotation

In the master's qualification work, an analytical review of the literary information was carried out, research of indicators of work by the method of numerical experiment was carried out and energy efficiency of the boiler room was calculated, calculations were made to determine the amount of harmful emissions during the operation of the boiler room, and the installation scheme for drainage and cleaning determined technical and economic indicators of the boiler room. Occupational safety measures have been developed.

The graphic part of the work consists of ten A3 drawings.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	8
1.1 Система теплопостачання.....	8
1.2 Система утилізації теплоти.....	10
1.3 Система очищення димових газів.....	14
1.4 Використання альтернативних джерел теплоти.....	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ.....	18
2.1 Дослідження ефективності впровадження альтернативних видів палива на водогрійній котельні.....	18
2.1.1 Обґрунтування вибору альтернативного палива для спалювання..	18
2.1.2 Розрахунок шкідливих викидів при роботі котельні на природному газів	18
2.1.3 Розрахунок шкідливих викидів після модернізації котельні.....	24
2.1.4 Аналіз розрахунків валових викидів.....	26
2.2 Аналіз способів зменшення шкідливих викидів.....	28
2.3 Розробка математичної моделі.....	30
3 ТЕПЛОВА СХЕМА ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ.....	35
3.1 Теплова схема котельні із альтернативним джерелом теплової енергії..	35
3.1.1 Розрахунок теплової схеми котельні у зимовий період.....	35
3.1.2 Розрахунок теплової схеми котельні в середньоопалювальному періоді.....	38
3.1.3 Розрахунок та перевірка основного та допоміжного обладнання котельні.....	39
3.2 Підбір обладнання паливоподачі	47
3.3 Розрахунок обладнання для очищення димових газів.....	49
3.3.1 Встановлення димової труби.....	49
3.3.2 Розрахунок димової труби.....	50
3.3.3 Розрахунок та підбір циклона	52
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ	58
4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей	58
4.2 Визначення складу і об'єму робіт. Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій та визначення трудомісткості виконання монтажних робіт	61
4.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій.....	63
4.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань	64
4.5 Витрати на паливні та енергетичні ресурси	67
4.6 Технологія монтажу теплотехнологічного обладнання	68
4.7 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт	69
4.8 Визначення складу бригад	71
4.9 Організація робочих місць та побутових приміщень	71

4.10	Монтажне регулювання і здача системи а експлуатацію	72
4.11	Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт	73
5	СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ КОТЕЛЬНОЇ	74
5.1	Характеристика технологічного процесу	74
5.2	Характеристика технологічного обладнання	74
5.3	Характеристика застосованих в процесі матеріалів	76
5.4	Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі	79
5.5	Регулювання прямої мережної води	79
5.6	Регулювання температури на вході в котел	80
5.7	Автоматичне регулювання співвідношення паливо-повітря	81
5.8	Розрахунок регулюючого органу	82
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
7	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ	101
	ВИСНОВКИ	108
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	109
	Додатки	

ВСТУП

Актуальність роботи. Однією з глобальних проблем в світі є раціональне використання паливних та енергетичних ресурсів, вирішення якої матиме визначальне значення для подальшого розвитку енергетики. Головною стратегією розвитку народного господарства в кожній країні світу є забезпечення ефективного та насамперед сталого економічного зростання при зменшенні енергоспоживання на одиницю продукції яка виробляється. Досягнення даної мети відбувається за рахунок застосування енергозберігаючих технологій. Раніше енергетика України була в основному орієнтована на використання природного газу, нафти, вугілля, запаси яких є обмеженими та ціни на них постійно зростають. За таких умов набула актуальність винайдення методів вироблення енергії з відновлювальних джерел.

Проблема забезпечення енергетичної ефективності та екологічної безпеки енергетичних об'єктів є багатоцільовий (проекування, експлуатація, експертиза, аудит, прогнозування, моніторинг та ін.) і багатозначною. Це пов'язано з необхідністю визначення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, технічного стану обладнання енергооб'єктів, із застосуванням природоохоронних заходів і т.п. Складність вирішення даної проблеми обумовлена широким спектром визначальних параметрів, факторів і показників екологічної небезпеки.

Вміщені в повітрі забруднюючі речовини в разі, якщо їх концентрація перевищує природну і виходить за рамки нормативів, створюють небезпеку для навколишнього середовища і людини. Дія таких речовин може бути різним. Забруднюючі компоненти надають несприятливу дію на здоров'я людини, об'єкти рослинного і тваринного світу. Цьому сприяє і відсутність належної утилізації відходів. Найчастіше містяться в повітрі отруйні речовини завдають шкоди матеріальним цінностям. Із забрудненням атмосферного повітря (в тому числі вихлопними газами) безпосередньо пов'язано близько 30% всіх захворювань.

Основним фактором проведених досліджень є заміна або повний перехід з використання природного газу в якості палива для виробництва теплової а

електричної енергії на альтернативні види палива, зокрема пелети. При переході на будь-яке тверде паливо є свої плюси та мінуси. При спалюванні будь-якого палива утворюються шкідливі викиди, які з димовими газами надходять в атмосферу. Тому необхідно розробляти комплексно заходи для зменшення шкідливих викидів при спалюванні палива.

Отже оцінка варіантів зменшення використання природного газу та зменшення кількості шкідливих викидів на водогрійній котельні шляхом, шляхом використання в якості палива альтернативних джерел енергії та встановлення обладнання для очищення димових газів є актуальною.

Мета проведених досліджень – підвищення ефективності роботи котельні та техніко-економічних показників роботи котлів шляхом вибору оптимального співвідношення між альтернативним паливом і природним газом, вирішення проблеми зменшення шкідливих викидів в атмосферу при спалюванні альтернативного палива.

Для досягнення даної мети необхідно розв'язати такі завдання:

- Аналітичний огляд літературної та патентної інформації;
- розробка математичної моделі оцінки ефективності роботи котельні;
- чисельне дослідження ефективності роботи котельні;
- теоретичне обґрунтування ефективності роботи котельні на основі математичних та статистичних даних;
- аналіз економічних та екологічних показників роботи котельні.
- дослідження ефективності використання твердопаливних котлів;
- технології монтажу котельні; системи автоматизації водогрійної котельні.
- визначення техніко-економічних показників.

Об'єкт дослідження. Об'єктом є теплова схема водогрійної котельні в місті Славута.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є енергетичні, економічні, технічні та екологічні показники роботи котельні.

Методи дослідження. Для виконання роботи використовуються числові методи, системного аналізу та синтезу системи, методи економічної та екологічної оцінки.

Наукова новизна отриманих результатів. Набула подальшого розвитку методика еколого-економічної оцінки ефективності роботи водогрійної котельні. Дослідження ефективності заміщення природного газу деревними пелетами на водогрійній котельні показало, що заміщення встановленої потужності котельні альтернативним паливом (пелетами) призводить до зменшення споживання природного газу, собівартості теплової енергії та зменшення викидів CO₂.

Практичне значення роботи. Результати роботи дозволяють підвищити енергетичну ефективність та зменшити споживання природного газу в існуючих котельнях за рахунок оцінки ефективності роботи котельні з використанням альтернативного палива і природного газу, шляхом визначення екологічних показників, витрати енергоресурсів з врахуванням природних умов, потужностей і складу устаткування котельні, діючих тарифів на енергоносії.

Апробація результатів. Результати магістерської роботи представлені та обговорені на науково-технічних конференціях, семінарах ВНТУ кафедри теплоенергетики: на міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві (Вінниця 2018 рік), Інноваційні технології в будівництві – 2018 (Секція Економіки, Вінниця 2018), XI.VIII Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання (Вінниця 2018), міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність а галузях економіки України» (Вінниця 2019 рік).

Публікації. Всього по темі опубліковано 5 роботи, усі у збірниках тез міжнародних наукових конференцій.

Структура і обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків та додатків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Системи теплопостачання

Відомо, що будь-яка система теплопостачання складається з певних основних елементів: теплової мережі, джерела теплової енергії, абонентських вводів та місцевих систем споживачів тепла. Загалом системи теплопостачання з різними призначеннями елементів та пристроями класифікують за певними ознаками: кількості трубопроводів теплових мереж, джерела приготування тепла, способу подачі води, способу забезпечення споживачів тепловою енергією. Також, теплопостачання розділяють на місцеве та централізоване.

Різниця між даними поняттями в наступному: система централізованого теплопостачання обслуговує промислові та житлові райони, а система місцевого теплопостачання обслуговує одне або декілька будівель. Перевага централізованого перед місцевим теплопостачанням заключається в зниженні витрати палива та експлуатаційних затрат, в використанні низькосортного палива, зменшенні забруднення повітря та підвищення санітарного стану місцевості [1].

В якості теплоносія (гаряча вода або водяна пар з необхідними значеннями температур та тиску) який виробляють у водогрійних або парових котлах. Використовують також альтернативні джерела теплоти; теплонасосні установки та теплообмінні апарати, що працюють на вторинних енергоресурсах. У децентралізованих системах в якості джерел теплові енергоносії використовують місцеві котельні, розташовані в кварталах або опалювальних будівлях, газові водонагрівачі та теплогенератори на живих котельних або твердих котлах [2]. Автономні теплогенератори в більшості випадків представляють єдину законну систему теплонагрівання, забезпечуючи свою квартиру або будинок отопленням і гарячою водою.

Децентралізовані системи теплонагрівання, в яких джерельна теплота обслуговує квартальну котельню, має теплові мережі та за принципом роботи у значній степені встановлені з централізованими системами. Централізовані

системи мають значно розвинені теплові мережі які обладнані тепловими пунктами, насосними станціями, автоматикою та системою управління, які закінчуються абонентськими вводами у будівлі. У залежності від видів теплоносіїв системи теплопостачання розбивають на водяні та парові [3].

Із магістралей у мережу теплоносії подають через теплові пункти, в яких установляють змішувальні насоси та автоматику, забезпечуючи керування розподіленням теплоти на радіатори при нормальних та аварійних гідравлічних режимах. Розподільчі мережі зазвичай проектують тупиковими. Відкриті будівлі приєднуються до розподілених мереж, не допускаючи їх підключення до тепломагістралі. Для подачі та розподілення теплових потреб користувачі в системах теплових технологій, особливо централізовані, застосовують автоматичні системи управління, які забезпечують теплотехнічний контроль та управління, керуючи подачею теплоенергії у відповідності із встановленими необхідними експлуатацією, керуючими експлуатаційними та аварійними режимами. Для управління переключаючою арматурою і регуляторами використовують телесистему. Найбільше кількість теплоти розсіюється на опалювальні будівлі. Опалювальне навантаження зменшується із зміною зовнішньої температури. Для того, щоб забезпечити відповідність подачі теплових потужностей, вони нічим не застосовують центральне якісне регулювання на джерелах теплоти. Окрім центрального регулювання застосовують місцеве автоматичне регулювання на теплових пунктах і біля користувачів [4].

Регулювання теплоти на гаряче водопостачання не пов'язане з зовнішньою температурою. Для забезпечення необхідних потреб користуватися температурою гарячої води в 50—60 градусів температура теплоносія в поданому теплопроводі повинна бути більш високою, але система підготовки гарячої води обладнана автоматичним керуванням, забезпечивши необхідні умови експлуатації необхідних рівнів. Надійна та економічна робота системи теплової безпеки забезпечує безпеку експлуатації, основні задачі, які виконують безперервне постачання споживачів теплотою, забезпечення

безаварійної роботи, вдосконалення її техніко-економічних показників. Управління тепловими та гідравлічними режимами реалізують за допомогою АСУ та диспетчерських пунктів, які входять у службові експлуатації. При службі мають бригади і ремонтні цехи [5].

1.2 Системи утилізації теплоти

Досить актуальною проблемою в сучасній теплоенергетичній галузі на даний час являється розробка енергозберігаючих технологій, які дозволяють зменшити використання в якості палива природного газу. Відомо, що одним з ефективних методів вирішення проблеми енергозбереження являється утилізація теплоти відхідних газів в котлах. Дані технології дозволяють зменшити теплове забруднення навколишнього середовища.

Найпопулярнішим способом утилізації теплоти є безпосереднє використання самої теплоти наступними методами: теплообмінниками які дозволяють використовувати надлишкове тепло для потреб системи або іншого процесу; теплові насоси які дозволяють підвищити якість енергії холодних потоків; також підходи які включають кілька ступенів або методів, наприклад, послідовне поєднання окремих методів утилізації тепла або випарювання.

Можливість утилізації теплоти, яка утворюється під час технологічних процесів, повинна вивчатися після оптимізації відповідних процесів. Проте сама оптимізація після впровадження методів утилізації тепла здатна нанести негативний вплив на саму систему утилізації, а потужність обладнання яке встановлено може бути надмірною, це спричинить негативний вплив на економічну ефективність. Важливо також оцінювати якість та кількість надлишкового тепла, а вже на основі отриманих даних, визначити можливі застосування для нього, адже потенціал утилізації теплоти часто обмежений фактором, як якість тепла, що відходить та наявні можливості використання його підприємством. Варіанти утилізації теплоти включають в себе: регенерацію; використання теплоти в іншій системі.

Відомо, що при виробничих процесах разом з відхідними газами в повітря викидаються значні об'єми теплоти, забруднювачі в твердому та газоподібному станах, водяній парі. Утилізація теплоти стає проблемою, яку можливо вирішити за допомогою спеціальних установок – утилізаторів відхідних газів та теплоти. Установка даних конструкцій повинна передбачатись в теплоенергетичних агрегатах, яка дозволяє значно знижувати температуру відхідних газів до 130 – 190 С°. Для зменшення температури відхідних газів можливе встановлення утилізаторів теплоти відхідних газів. В першу чергу утилізатор теплоти відхідних газів це теплообмінник, який утилізує теплоту яка утворюється при спалюванні палива установками. Призначенням утилізаторів є повернення виробленої теплоти в цикл котельні або побічного користування теплової енергії [6].

Основною проблемою під час спалювання палива у котлах стикаються із явищем конденсації водяної пари із димових газів на стінках теплообмінних труб. Утворений конденсат містить слабкі кислоти, які призводять до корозії поверхонь теплообміну. Для попередження конденсації пари температуру теплообмінних поверхонь труб з боку димових газів підтримують на рівні 10...15 °С вище температури точки роси (50...60 °С і підвищується із зниженням якості палива) [7]. Тому для безаварійної роботи котлів температуру вихідних газів підтримують на рівні 120 °С. Тому варіант встановлення утилізаторів надає можливість зниження температури відхідних газів до 80 °С.

Тому впровадження енергоефективної технології утилізації теплоти димових газів призводить до підвищення ефективності використання палива.

Крім димових газів можуть пройти вторинну переробку і інші газоподібні середовища, які несуть в собі величезну кількість невідпрацьованої енергії. В першу чергу це утилізатор пари, особливо стосується виробництва з великою кількістю котлів та нагрівачів. Адже пар після використання в якості теплоносія не обов'язково повністю конденсувати та не використовується.

При виробництві різних нафтопродуктів також утворюється значна кількість газів, які також можна використовувати в робочій лінії. Тому і утилізатор теплоти нафтопродуктів вигідний пристрій в виробничій лінії.

Також одним з ефективних способів для підвищення ККД є утилізація тепла відхідних димових газів ТЕС і котелень. Глибоке зниження температури відхідних газів можливо за рахунок установки контактних або рекуперативних теплообмінників в хвостовій частині газоповітряного тракту котлоагрегату.

Використання утилізаційних установок в хвостовій частині котла поряд з підвищенням економічності енергоблоків забезпечує зниження викидів оксиду азоту (NO) з димовими газами. Для того щоб знизити втрати енергії на 10 - 30% необхідно знизити температуру димових газів, зменшити кількість надлишкового повітря, встановивши охолоджувач між котлами і димарем; вмонтувати «турбулізатори» в димоходах котла з метою забезпечення турбулентного потоку газу і поліпшення теплопередачі; виключити підсмоктування зовнішнього повітря через тріщини і отвори; використовувати регульовані пальники багатоступінчасті або малі пальника, коли навантаження по теплу мінлива; звести мінімуму число запусків і зупинити за рахунок зменшення кількості тепла на вході в котел.

Для утилізації тепла відхідних після котлів промислових печей і сушарок газів і підвищення їх ККД використовують контактний апарат з активною насадкою (КТАН), в якому можливий нагрів вод різного призначення[8].

Всі відомі теплоутилізатори можна розділити на контактні, поверхневі, а також пристрої з проміжним теплоносієм. Поверхневі теплоутилізатори це традиційні калорифери, які розміщуються безпосередньо в газоході після печі (котла) і мають серйозні недоліки, обмежують їх застосування.

На сьогоднішній день можливе також застосування схеми утилізації теплоти димових газів з використанням теплового насоса, яка включає в себе переваги теплоутилізаторів з активними насадками і разом з тим дозволяє уникнути її недоліків. За допомогою такого методу стає можливим

максимальне використання теплоти від конденсації водяної пари, але при цьому вода не буде забруднюватися шкідливими речовинами.

Можливо розглянути метод по прикладу схеми яка складається з чотирьох контурів: по першому контуру вода, що приходить від споживача з температурою приблизно рівною 30-70 ° С, за допомогою насоса НЗ подається в абсорбер і конденсатор, від абсорбера і конденсатора відводиться теплота відповідних процесів сорбції та конденсації, яка передається нагрівається теплоносія - мережевий воді тимсамим вода, яка надходить в котел, підігрівається; по другому контуру димові гази після котла з температурою 130-190 ° С надходять в економайзер, де відбувається їх охолодження водою до температури приблизно рівною 40-50 ° С. Після економайзера вода, нагріта димовими газами до температури 30-40 ° С насосом, подається у випарник, де вона віддає своє тепло на випаровування крапель холодоагенту-води. Охолоджена вода після випарника знову надходить в економайзер; по третьому контуру, холодоагент-вода потрапляє в випарник. В умовах глибокого вакууму краплі холодоагенту випаровуються і забирають тепло з охолоджувальної води, яка повертається в економайзер для охолодження димових газів. Потрапляють в абсорбер краплі концентрованого розчину броміду літію (LiBr) абсорбують пари холодоагенту-води. Отриманий після процесу абсорбції розчин броміду літію за допомогою насоса Н1 направляється в генератор. У генераторі з розчину випаровується частина води, що відновлює початкову концентрацію розчину LiBr. Випарена вода-холодоагент з генератора потрапляє в конденсатор, де відбувається процес її конденсації і передача теплоти мережевий воді. Після цього отриманий рідкий холодоагент знову потрапляє у випарник і випаровується, забираючи при цьому тепло з навколишнього простору. І нарешті, четвертий контур використовується в якості джерела високотемпературної теплоти.

Переваги даної схеми утилізації теплоти димових газів на базі абсорбційних бромисто-літієвих теплових насосів: вода після економайзера, забруднена шкідливими речовинами з димових газів, зокрема оксидами азоту і

вуглекислою, циркулює по замкнутому контуру і не йде до споживача, не використовується для потреб ГВП; забезпечується глибока утилізація теплоти димових газів котельного агрегату; зникає необхідність використовувати рециркуляційний; теплова енергія утворюється з нічого;

Таким чином, застосування розробленої схеми з використанням теплового насоса забезпечить: глибоку утилізацію теплоти димових газів котельного агрегату тим самим зменшення теплового забруднення навколишнього середовища; істотний приріст ККД котельного агрегату (понад 100%); отримання теплової енергії при мінімальних витратах електроенергії; корисне використання забрудненої води після економайзера за рахунок циркуляції її по замкнутому контуру[9].

1.3 Системи очищення димових газів

У процесі згоряння будь-якого палива виділяються речовини, шкідливі для навколишнього середовища. З метою зменшення рівня забруднення атмосферного повітря за котлами встановлюються спеціальні системи очищення газів котелень. Особливо це актуально для котелень, що працюють на твердому паливі. Приблизно 75-90% золи залишається в топці і газоходах, а інша частина несеться з димовими газами, тому всі котельні повинні бути оснащені золоуловлювальною пристроями. Залежно від типу і потужності котельні можуть застосовуватися різні способи і методи золовловлення – сухі і мокрі скрубери, фільтрація, циклони. Найбільшого поширення набула очищення газів котелень із застосуванням циклонів, їх дія заснована на силі тяжіння, відцентрової сили і інерції[10].

Циклони можуть відрізнятися за продуктивності та ефективності. Циклони великої продуктивності мають більший діаметр, можуть очистити значні обсяги газів, але малоефективні. Саме в силу великого діаметра частинки втрачають свою інерцію і несуться з газами. Циклони маленького діаметру забезпечують високу ефективність очищення газів котелень. На котельнях

циклони підбираються індивідуально до кожного котлоагрегату. Деколи допускається встановлення група циклонів на декілька котлів. На котельнях де встановленні твердопаливні котли циклони для очищення димових газів не повинні мати обвідних газоходів, а їх бункери повинні бути обладнані герметичними затворами.

Конструктивно циклони складаються з двох частин: верхньої циліндричної і нижньої конічної. Залежно від розмірів кожної з частин циклони діляться відповідно на циліндричні (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24) і конічні (СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34). У верхній частині циліндра знаходиться підвід забрудненого повітря. У циклонів марки ЦН він являє собою патрубков, що входить в циклон під кутом. Поступаючи під кутом в корпус циліндра, забруднене повітря вдаряється об стінку і закручується в спіраль. Частинки газу по інерції відокремлюються від газу і під дією сили тяжіння опускаються по стінці циліндра і конуса вниз, в золоприймальний бункер.

Очищений газ, продовжуючи свій рух, в силу розрядження засмоктується в встановлену у верхній частині вихлопну трубу і несеться з котельні. Чим менше діаметр циліндра, тим менший шлях проходять частинки до стінок циліндра і тим більше їх кількість осідає, завдяки чому очищення газів котелень відбувається більш ефективно.

Однією з різновидів циклонів є марки ЗУ. Вісь потоку вхідного забрудненого повітря розташована в них горизонтально. Можливе використання золоуловлювачів ЗУ, в якості сепараторів системи повернення частинок виносу на допалювання, в цьому випадку він повинен бути встановлений безпосередньо за котлом[11].

1.4 Використання альтернативних джерел теплоти

Останнім часом важливим критерієм сталого розвитку світової спільноти є використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії. Основними причинами такого рішення є вичерпання запасів органічних видів палива, зростання їх ціни, шкідливий вплив на навколишнє середовище. Причинами

даних наслідків являються застарілі технології, вичерпання ресурсів. У зв'язку з подорожанням природного палива, постає питання модернізації котелень та впровадження нових технологій, які надають змогу ефективно та економічно використовувати енергоносії, без шкоди на навколишнє середовище та людей. На даний час більшість котелень (водогрійних) житлового сектору працюють на природному газі, тому впровадження енергозбережних технологій є актуальною задачею в розвитку теплоенергетики [12]. З кожним роком набувають популярності котли, які працюють на різних видах твердого палива, їх встановлення є альтернативою використанню котлів на енергоносіях які імпортуються. Перехід на використання деревини в якості палива обумовлює зменшення залежності від імпортованого газу; в якості палива можуть розглядатись різновиди місцевого палива, відходи деревини та сільськогосподарської діяльності, використання яких є економічно ефективним; в першу чергу використання рослинного палива є екологічним, а після спалювання можуть бути використанні в агрономічній промисловості, також при спалюванні деревини виділяється CO_2 , який в свою чергу поглинається рослинами в процесі горіння. Одним з мінусів є висока ціна пелетних котлів. Проте при використанні пелет відсутні обмеження по потужностям, можливо встановити перетне теплове обладнання необмеженої потужності, це надає можливість опалювати з одного теплового пункту декілька будівель, в той час як при використанні традиційних видів палива є обмеження на подачу, особливо в зимовий час.

На сьогоднішній день в Україні вигідною альтернативою вугіллю та дровам є пелети. З економічного боку, то природний газ в 3-4 рази дешевше, ніж пелети. Пелети мають циліндричну форму, виготовляються у пресованій формі з відходів деревини. В нашій країні в якості сировини для виготовлення пелет служать хвойні породи або з листяних порід. Виготовляють пелети відбувається без застосування будь-яких хімічних добавок, завдяки цьому забезпечується екологічна чистота палива. Іншими словами, пелети це ті ж самі дрова, але в зручній формі для транспортування, застосування та зберігання. Якщо

використовувати від лісозаготівлі відходи для виготовлення пелет, в кінцевому підсумку це знижує якість продукту, так як в вони містять кору з піском. Також не можна судити про якість пелет за їхнім кольором. Також непрямою ознакою хімічних домішок може бути наявність червоної окалини після згорання таких пелет на колосниках котла. Для виробництва однієї тонни пелет необхідно майже 5 кубометрів деревних відходів, або 5 кубів сухої тирси. В кінцевому результаті пелети доставляються споживачеві вже упакованими в мішки вагою 20-50 кг або в біг-бегах (пластикові мішки 1x1 метр). Використання транспортування пелет в біг-бегах дозволяє не використовувати бункер, адже шнек можна вставити в мішок, який після спустошення утилізується. Проте є і недолік в даному методі, адже біг-бег важить близько 700 кг, для його переміщення необхідна спеціальна розвантажувальна техніка. На заході пелети доставляють розсипом, проте в нашій країні такий метод не отримав поширення, в силу відсутності подібної техніки та системи пневмоподачі. Можливе зберігання пелет в мішках на вулиці під навісом, проте так не варто робити, адже при внесенні їх в приміщення котельні на їхній поверхні буде утворюватись конденсат, який значно знижує їх якість (адже пелети можуть вбирати в себе вологу, яка перевищує власну в кілька разів). Пелети подаються в котел за допомогою шнеку з бункеру. За рахунок високої температури при виготовленні пелет, вони є біологічно не активними, за це їх люблять використовувати в якості наповнювачів для туалетів домашніх тварин. Проте один з мінусів є вартість самих пелетних котлів, для економії можливе встановлення на звичайний твердопаливний котел пелетного пальника. Пелетні пальники можуть бути як об'ємного горіння так і факельні. Факельний пальник менш ефективний, проте легко монтується в котли які мають невелику камеру згорання. Плюсом використання пелет це відсутність обмежень по потужності, це надає змогу опалювати декілька будівель, в той час як при використанні природного газу є обмеження на подачу.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Дослідження ефективності впровадження альтернативних видів палива на водогрійній котельні

2.1.1 Обґрунтування вибору альтернативного палива для спалювання

В нашій країні пелети є гідною альтернативою традиційним видам палива, а саме таким як, вугілля, солярка і дрова. Єдиним конкурентом може бути природний газ, що подається по трубопроводу. Якщо розглядати тільки вартість палива, то опалення газом дешевше, ніж опалення пелетами. За кордоном пелети широко використовуються в якості палива для автоматизованих котелень, як побутового, так і промислового рівня, за рахунок того, що мають значну екологічну складову, мають теплотворну здатність, яку можна порівняти з вугіллям, і порівняно дешеві. Іншими словами, це ті ж самі дрова, сформовані в зручну для транспортування, зберігання і застосування форму.

2.1.2 Розрахунок шкідливих викидів при роботі котельні на природному газі [13]

Для аналізу шкідливих викидів при спалюванні палива обрано порівняти кількість викидів при роботі котельні до модернізації, коли працює котел КОЛВІ-1500 на природному газі та рівень шкідливих викидів при роботі котельні після модернізації, коли працюють в тандемі котел на природному газі та ТИРАС-600 на пелетах.

Перерахунок характеристик природного газу, кг/нм^3

$$m_{\text{CH}_4} = 0,716 \cdot 0,01 \cdot (\text{CH}_4)_v, \quad (2.1)$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,342 \cdot 0,01 \cdot (\text{C}_2\text{H}_6)_v, \quad (2.2)$$

$$m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1,967 \cdot 0,01 \cdot (\text{C}_3\text{H}_8)_v, \quad (2.3)$$

$$m_{C_4H_{10}} = 2,593 \cdot 0,01 \cdot (C_4H_{10})_v, \quad (2.4)$$

$$m_{N_2} = 1,250 \cdot 0,01 \cdot (N_2)_v, \quad (2.5)$$

$$m_{CO_2} = 1,964 \cdot 0,01 \cdot (CO_2)_v. \quad (2.6)$$

де m_i – питома маса i -го індивідуального газу в 1 нм^3 сухого газоподібного палива, кг/нм^3 ;

$(i)_v$ – об’ємний вміст i -го індивідуального газу, %.

$$m_{CH_4} = 0,716 \cdot 0,01 \cdot 98,90 = 0,7081,$$

$$m_{C_2H_4} = 1,342 \cdot 0,01 \cdot 0,12 = 0,0016,$$

$$m_{C_3H_8} = 1,967 \cdot 0,01 \cdot 0,011 = 0,0002,$$

$$m_{C_4H_{10}} = 2,593 \cdot 0,01 \cdot 0,01 = 0,0003,$$

$$m_{N_2} = 1,250 \cdot 0,01 \cdot 0,90 = 0,0113,$$

$$m_{CO_2} = 1,964 \cdot 0,01 \cdot 0,06 = 0,0012.$$

Масовий елементний склад сухого газоподібного палива визначається за формулами

$$C^{daf} = \frac{100}{\rho_{п}} \cdot \left(\sum \frac{12p}{12p+q} \cdot m_{C_pH_q} + 0,429 + 0,273 \cdot m_{CO_2} \right), \quad (2.7)$$

$$H^{daf} = \frac{100}{\rho_{п}} \cdot \left(\sum \frac{q}{12p+q} m_{C_pH_q} + 0,059 \cdot m_{H_2S} \right), \quad (2.8)$$

$$N^{daf} = \frac{100}{\rho_{п}} \cdot m_{N_2}, \quad (2.9)$$

$$O^{daf} = \frac{100}{\rho_{п}} \cdot (0,571 \cdot m_{CO} + 0,727 \cdot m_{CO_2}). \quad (2.10)$$

де C^{daf} – масовий вміст вуглецю в паливі на горючу масу, %;

H^{daf} – масовий вміст водню в паливі на горючу масу, %;

N^{daf} – масовий вміст азоту в паливі на горючу масу, %;

O^{daf} – масовий вміст кисню в паливі на горючу масу, %;

ρ_n – густина сухого газоподібного палива, кг/нм³.

$$C^{\text{daf}} = \frac{100}{0,273} (0,749 \cdot 0,7081 + 0,799 \cdot 0,0016 + 0,817 \cdot 0,0002 + \\ + 0,827 \cdot 0,0003 + 0,273 \cdot 0,0012) = 73,67,$$

$$H^{\text{daf}} = \frac{100}{0,723} (0,251 \cdot 0,7081 + 0,201 \cdot 0,0016 + 0,183 \cdot 0,0002 + 0,173 \cdot 0,0003) = 24,65,$$

$$N^{\text{daf}} = \frac{100}{0,723} \cdot 0,0113 = 1,56,$$

$$O^{\text{daf}} = \frac{100}{0,723} \cdot 0,727 \cdot 0,0012 = 0,12,$$

Масова нижча теплота згорання, МДж

$$Q_n^p = Q_{iv}^{\text{daf}} / \rho_n, \quad (2.11)$$

де Q_{iv}^{daf} – об'ємна нижча теплота згорання газоподібного палива при нормальних умовах, МДж/нм³;

ρ_n – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³.

$$Q_n^p = 33,08 / 0,723 = 45,75$$

Масова витрата природного газу, т

$$B = B_v \cdot \rho_n, \quad (2.12)$$

де B_v – об'єм використаного газоподібного палива за проміжок часу при нормальних умовах, тис. нм³;

ρ_n – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³.

$$B = 293120 \cdot 0,723 / 1000 = 211,92$$

Показник емісії оксидів азоту дорівнює 150 г/ГДж, емпіричний коефіцієнт z для природного газу становить 1,25, Відсутні первинні та вторинні

заходи, азотоочисна установка відсутня тому ефективність та коефіцієнт роботи дорівнює нулю.

Показник емісії оксидів азоту, г/ГДж

$$k_{NO_x} = f_n \cdot (k_{NO_x})_0 \cdot (1 - \eta_I) \cdot (1 - \eta_{II}\beta), \quad (2.13)$$

де $(k_{NO_x})_0$ – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

f_n – ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні;

η_I – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів скорочення викиду;

η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотоочисної установки);

β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

$$k_{NO_x} = 150 \cdot (563 / 704)^{1,25} = 113,43.$$

Валовий викид оксидів азоту, т

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot k_{NO_x} \cdot Q_n^p \cdot B, \quad (2.14)$$

де k_{NO_x} – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

Q_n^p – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot 113,43 \cdot 45,75 \cdot 211,92 = 1,099.$$

За даними таблиці показник емісії оксиду вуглецю становить 17 г/ГДж.

Валовий викид оксиду вуглецю, т

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot k_{CO} \cdot Q_n^p \cdot B, \quad (2.15)$$

де k_{CO} – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

Q_n^p – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 17 \cdot 45,75 \cdot 211,92 = 0,164.$$

Показник емісії вуглекислого газу під час спалювання органічного палива, г/ГДж

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_n^p} \cdot \varepsilon_c, \quad (2.13)$$

де Q_n^p – теплота згорання палива, МДж/кг;

C^r – вміст вуглецю в паливі на робочу масу за проміжок часу, %;

ε_c – ступінь окиснення вуглецю під час спалювання природного газу.

Ступінь окиснення вуглецю під час спалювання природного газу в енергетичній установці становить 0,995.

Показник емісії вуглекислого газу, г/Гдж

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{76,67}{100} \cdot \frac{10^6}{45,78} \cdot 0,995 = 58716.$$

Тоді, валовий викид вуглекислого газу, т

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot k_c \cdot Q_n^p \cdot B, \quad (2.14)$$

де k_c – показник емісії вуглецю без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

Q_n^p – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 58716 \cdot 45,75 \cdot 211,92 = 569,27.$$

Валовий викид ртуті під час спалювання природного газу, т

$$E_{\text{Hg}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{Hg}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot B, \quad (2.15)$$

де k_{Hg} – показник емісії ртуті без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

Q_{H}^{p} – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{\text{Hg}} = 10^{-6} \cdot 0,0001 \cdot 45,75 \cdot 211925,76 = 0,0000009695.$$

Валовий викид оксиду діазоту, т

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{N}_2\text{O}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot B, \quad (2.17)$$

де $k_{\text{N}_2\text{O}}$ – показник емісії діазоту без урахування заходів скорочення викиду,

г/ГДж;

Q_{H}^{p} – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 45,75 \cdot 211925,76 = 0,00096.$$

Валовий викид метану, т

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot k_{\text{CH}_4} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot B, \quad (2.18)$$

де k_{CH_4} – показник емісії метану без урахування заходів скорочення викиду,

г/ГДж;

Q_{H}^{p} – теплота згорання палива, МДж/кг;

B – витрата палива, т.

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 45,75 \cdot 211925,76 = 0,0096.$$

2.1.3 Розрахунок шкідливих викидів після модернізації котельні

Проводимо розрахунок валових викидів при роботі котла який працює на природному газі.

Показник емісії оксидів азоту, г/ГДж

$$k_{NO_x} = 150 \cdot (563 / 704)^{1,25} = 113,43.$$

Тоді, валовий викид оксидів азоту, т

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot 113,43 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 0,186.$$

Показник емісії оксиду вуглецю становить 17 г/ГДж.

Валовий викид оксиду вуглецю, т

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot 17 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 0,0279.$$

Показник емісії вуглекислого газу під час спалювання органічного палива, визначається за формулою (2.17). Ступінь окиснення під час спалювання природного газу в енергетичній установці становить 0,995.

Показник емісії вуглекислого газу, г/ГДж

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{73,67}{100} \cdot \frac{10^6}{45,75} \cdot 0,995 = 58716.$$

Валовий викид вуглекислого газу, т

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 58716 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 96,49.$$

Валовий викид ртуті, т

$$E_{Hg} = 10^{-6} \cdot 0,0001 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 0,000000164.$$

Валовий викид оксиду діазоту, т

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 0,000164.$$

Валовий викид метану, т

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 45,75 \cdot 35,92 = 0,00164.$$

Далі проводимо розрахунки викидів шкідливих речовин при роботі котла ТИРАС-600. В якості палива пелети, склад палива : вуглець 83,66 %, водень 10,96 %, кисень та азот 0,78 %, сірка 2,45 %; теплота згорання палива 17,5 МДж/кг.

Показник емісії оксидів азоту, г/ГДж

$$k_{NO_x} = 200 \cdot (563 / 704)^{1,25} = 151.$$

Валовий викид оксидів азоту, т

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot 151 \cdot 17,5 \cdot 567,83 = 1,5.$$

Показник емісії оксиду вуглецю становить 15 г/ГДж.

Валовий викид оксиду вуглецю, т

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot 15 \cdot 17,5 \cdot 567,83 = 0,149.$$

Ступінь окиснення під час спалювання пелет в енергетичній установці становить 0,99.

Показник емісії вуглекислого газу, г/ГДж

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{83,66}{100} \cdot \frac{10^6}{17,5} \cdot 0,99 = 173534.$$

Валовий викид вуглекислого газу, т

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 173534 \cdot 17,5 \cdot 567,83 = 1724,4.$$

Валовий викид оксиду діазоту, т

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot 0,6 \cdot 17,5 \cdot 567,83 = 0,00596.$$

Валовий викид метану, т

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot 3,0 \cdot 17,5 \cdot 567,83 = 0,0298.$$

Показник емісії оксиду сірки, г/ГДж

$$k_{\text{SO}_2} = \frac{10^6}{17,5} \cdot \frac{2 \cdot 2,45}{100} = 2800.$$

Валовий викид оксидів сірки, т

$$E_{\text{SO}_2} = 10^{-6} \cdot 2800 \cdot 567,83 = 1,589.$$

2.1.4 Аналіз розрахунків валових викидів

Критерії екобезпеки теплоенергетичних об'єктів має такі групи факторів впливу: термодинамічний, паливний технологічний та експлуатаційний. Найбільш універсальним є термодинамічний фактор оскільки він впливає на всі параметри і показники екологічної безпеки [14]. За результатами розрахунків по шкідливим викидам видно що при спалюванні пелет і природного газу (модернізована котельня) вони значно вищі ніж при спалюванні природного газу (існуюча котельня). При спалюванні пелет утворюється зола, валовий викид якої становить 11,36 т/рік, часточки пилу які утворюються в процесі горіння вилітаються разом з димовими газами через димову трубу в атмосферу, тим самим наносять шкідливі наслідки в навколишньому середовищі. Для вирішенні даної проблеми можливе встановлення циклонів. За допомогою програмного комплексу SimaPro проведено оцінку впливу техногенного навантаження на навколишнє середовище при комплексному використанні традиційного та альтернативного палива для виробництва теплоти на котельні потужністю 1,25 МВт. Результати порівняння виробництва теплоти на котельні із котлами на природному газі (існуюча схема) і на котельні із комплексними

використанням традиційного та альтернативного палива (модернізована схема) показані на рис.2.1.

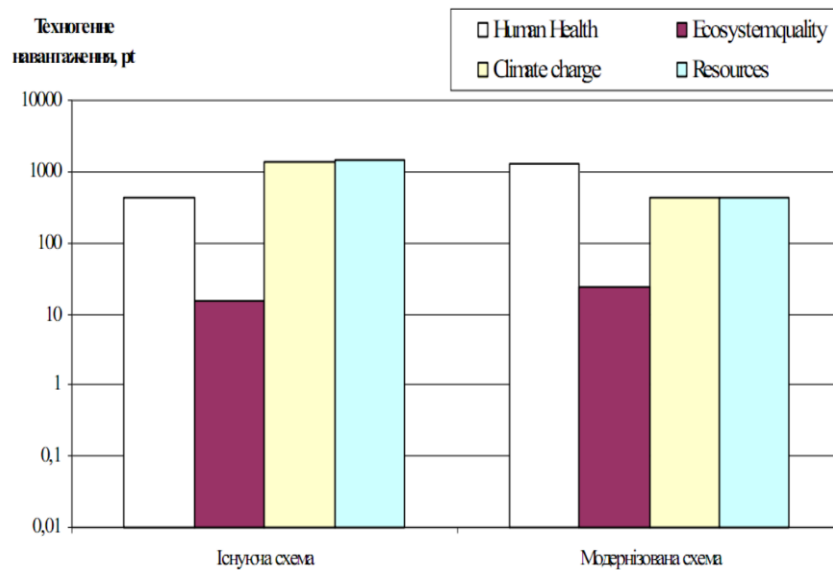


Рис.2.1 – Техногенне навантаження на навколишнє середовище

Аналізуючи отримані вище результати можна зробити висновки, що найгірший вплив на здоров'я людини чине модернізована схема отримання теплоти, приблизно рівнозначний вплив на якість екосистеми чинять обидві схеми, на зміну клімату і вичерпання ресурсів більше впливає існуюча схема. Порівнюючи варіанти за сумарним показником, можна зробити висновок що найкращою є система із комплексним використанням традиційних та альтернативних палива (2169 pt), тоді як існуюча схема має показник техногенного навантаження на середньостатичного європейця на 48% вище (3217 pt). Відмінність екологічних показників можна пояснити тим, що при спалюванні відходів деревини найбільша кількість шкідливих викидів складає CO₂, який же потім поглинається деревом в процесі росту і виділяється кисень, отже протягом життєвого циклу утримується баланс CO₂ і O₂, що враховує комплекс SimaPro [15].

2.2 Аналіз способів зменшення шкідливих викидів

Проблема забезпечення екологічної безпеки та енергетичної ефективності енергетичних об'єктів є багатоцільовий (експлуатація, проектування, експертиза, аудит, моніторинг, прогнозування) і багатозначною. Це пов'язано з необхідністю визначення технічного стану обладнання енергооб'єктів, рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, із застосуванням природоохоронних заходів.

Основною проблемою під час спалювання палива у котлах стикаються із явищем конденсації водяної пари із димових газів на стінках теплообмінних труб. Утворений конденсат містить слабкі кислоти, які призводять до корозії поверхонь теплообміну. Для попередження конденсації пари температуру теплообмінних поверхонь труб з боку димових газів підтримують на рівні 10...15 °С вище температури точки роси (50...60 °С і підвищується із зниженням якості палива) [16]. Тому для безаварійної роботи котлів температуру вихідних газів підтримують на рівні 120 °С. Тому варіант встановлення утилізаторів надає можливість зниження температури відхідних газів до 80 °С.

Для аналізу візьмемо водогрійну котельню з витратою відхідних газів 2845 кг/год та їх температурою 145 °С. Для забезпечення необхідної температури димових газів на виході із утилізатора теплоти в якості холодного теплоносія використовується зворотна вода з тепломережі ($t_2 = 70$ °С). При таких початкових параметрах потужність утилізатора становитиме 54,4 кВт. Для підвищення поверхні теплообміну з боку димових газів необхідно використовувати ребрення. При встановленні утилізатора теплоти відхідних газів економія природного газу за опалювальний період складає 28,4 тис.м³ [17].

Навіть досягнувши економічного ефекту від застосування утилізатора теплоти відхідних газів, димові гази на виході все ще матимуть високий тепловий потенціал, за рахунок наявності в їх складі водяної пари. Тому одним з популярних методів підвищення ефективності використання палива у котлах це глибоке охолодження відхідних газів та утилізації їхньої теплоти [18].

Для досягнення даної мети великої популярності набувають конденсаційні теплоутилізатори поверхневого, блочно контактного-поверхневого, поверхневого, компактно поверхневого, контактного з активною насадкою типів [19]. Ефективність застосування конденсаційних утилізаторів для утилізації теплоти при спалюванні природного газу пояснюється підвищеним вмістом у них водяної пари (до 15%) та високою якістю конденсату який утворюється [20].

Тому впровадження енергоефективної технології утилізації теплоти димових газів призводить до підвищення ефективності використання палива. Вміщені в повітрі забруднюючі речовини в разі, якщо їх концентрація перевищує природну і виходить за рамки нормативів, створюють небезпеку для навколишнього середовища і людини. Дія таких речовин може бути різною. Забруднюючі компоненти надають несприятливу дію на здоров'я людини, об'єкти рослинного і тваринного світу. Цьому сприяє і відсутність належної утилізації відходів. Із забрудненням атмосферного повітря безпосередньо пов'язано близько 30% всіх захворювань. Тому необхідно вживати заходів для очищення стоків, води, повітря, і зниження викидів в атмосферу забруднюючих речовин. І в першу чергу це стосується промислових підприємств і автомобільного транспорту. Перехід на більш екологічні і ресурсозберігаючі технології виробництва, створення очисних споруд, здатні вирішити проблему забруднення повітря [21].

Тверді частинки, які викидаються з топків котелень, являють собою суміш диму, сажі і пилу. Терміном пил зазвичай прийнято позначати всі три перерахованих вище виду твердих частинок.

Пристрої для уловлювання пилу поділяються на мокрі, або гідравлічні, в яких частинки в газоподібному середовищі уловлюються рідиною; механічні, в яких частинки відділяються за допомогою сил тяжіння, інерції або відцентрової сили; фільтри з пористим фільтрує шаром; електрофільтри, в яких частинки осідають за рахунок іонізації. У промисловості найбільш поширеними апаратами з використанням відцентрової сили є циклони.

Основним недоліком циклонів є їх значний знос внаслідок абразивного дії удару частинок пилю об стінки і їх ковзання по ним. Знос циклону особливо великий при уловлюванні частинок розміром більше 5-10 мкм. Для запобігання від зносу застосовується покриття з синтетичних матеріалів і високоміцних сплавів, які добре чинять опір стирається дії пилю.

2.3 Розробка математичної моделі

Розроблено математичну модель оцінки ефективності роботи котельні. Дана математична модель є лінійною, яка містить в собі уточнення шкідливих викидів при спалюванні палива. Модель складена в середовищі Excel, складається з 23 рівнянь, розв'язується алгоритмічним методом (Додаток А).

Для виконання розрахунків необхідно ввести відповідні початкові дані після чого програма виконає розрахунки, отримані результати можна переписати або скопіювати у інші прикладні програми. За результатами обчислень проводять аналіз і при необхідності виконують графічну інтерпретацію даних.

Математичний опис моделі складається з рівнянь по перерахунку характеристик природного газу, визначенню масового елементного складу сухого газоподібного палива, масової нижчої теплоти згорання, масової витрати природного газу, валових викидів.

Дана модель є лінійною, детермінованою, відносно часу моделювання – статичною, відносно розмірності простору – одновимірною, відносно зміни параметрів – дискретною. Дана модель є функціональною. Модель розроблена як дескриптивна – для визначення і опису основних параметрів утилізатора теплоти вихідних газів.

В даному прикладі проводиться аналіз шкідливих викидів при спалюванні палива обрано порівняти кількість викидів при роботі котельні до модернізації, коли працює котел КОЛВІ-1500 на природному газі та рівень шкідливих викидів при роботі котельні після модернізації, коли працюють в тандемі котел на природному газі та ТИРАС-600 на пелетах.

Початковими даними для розрахунку є:

- Річне виробництво теплоти котельнею $Q_{\text{річне}} = 10376708,4$ МДж;
- Відпуск теплоти твердопаливним котлом $Q_{\text{ТВ.КОТ}} = 8794606$ МДж;
- Відпуск теплоти газовим котлом $Q_{\text{Газ.КОТ}} = 1582103$ МДж;
- Витрата пелет $V_{\text{пеллет}} = 567833,5$ кг/сезон;
- Витрата газу $V_{\text{газу}} = 49346,52$ м³/сезон;
- Показник емісії оксиду азоту для природного газу 113,43 г/ГДж;
- Показник емісії оксиду вуглецю для природного газу 17 г/ГДж;
- Показник емісії діоксиду вуглецю для природного газу 61100,42 г/ГДж;
- Показник емісії оксиду азоту для пелет 151 г/ГДж;
- Показник емісії оксиду вуглецю для пелет 15 г/ГДж;
- Показник емісії діоксиду вуглецю для пелет 172548,8 г/ГДж;

Кінцевими результатами є:

- Графічна залежність кількості шкідливих викидів від зміни частки заміщення альтернативним паливом природного газу, що зображено на рисунках 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 .

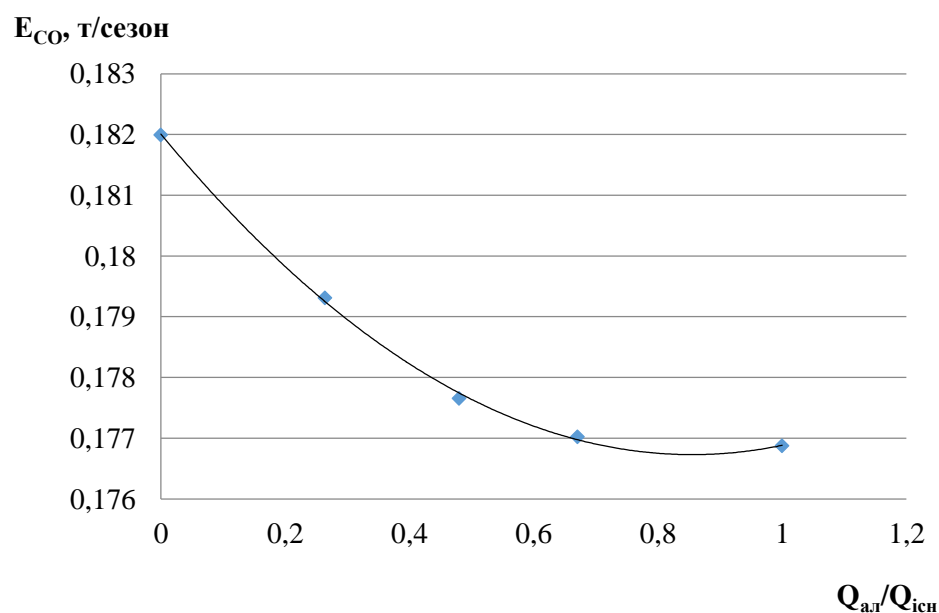


Рисунок 2.1 – Графічна залежність викидів CO від частки заміщення альтернативним паливом природного газу

E_{CO_2} , т/сезон

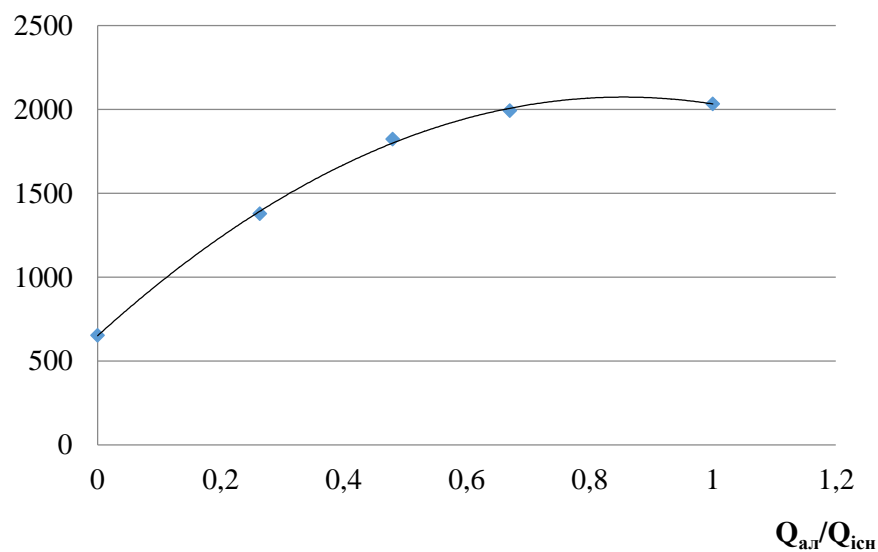


Рисунок 2.2 – Графічна залежність викидів CO₂ від частки заміщення альтернативним паливом природного газу

E_{N_2O} , т/сезон

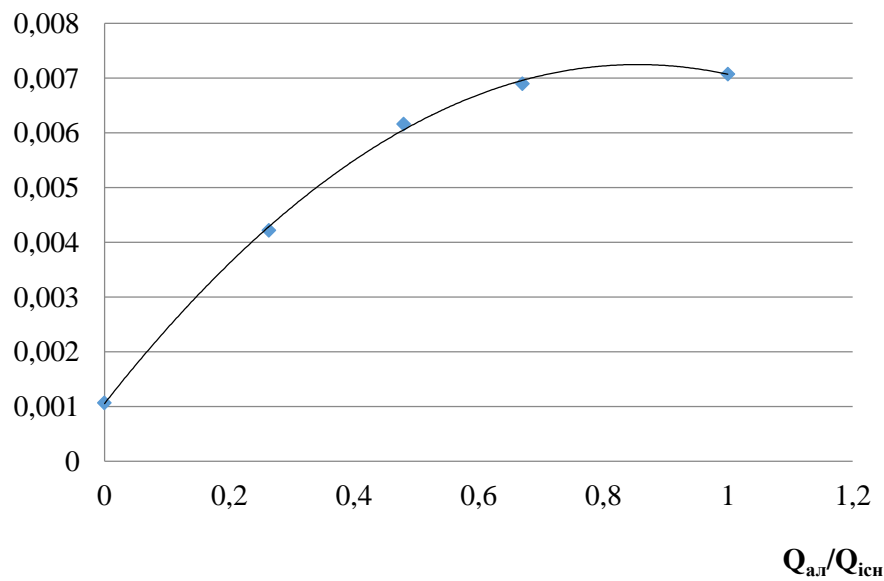


Рисунок 2.3 – Графічна залежність викидів N₂O від частки заміщення альтернативним паливом природного газу

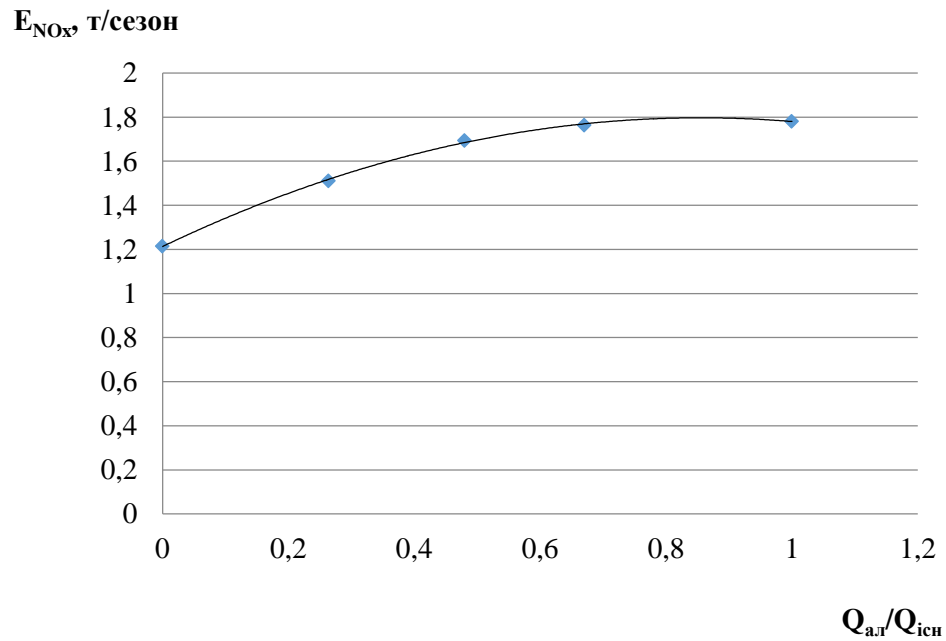


Рисунок 2.4 – Графічна залежність викидів NO_x від частки заміщення альтернативним паливом природного газу

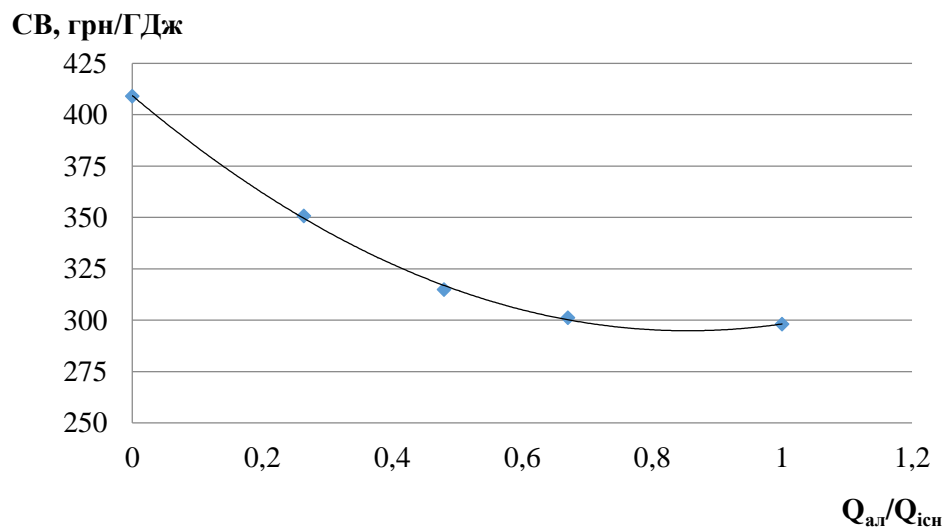


Рисунок 2.5 – Графічна залежність собівартості відпущеної теплоти СВ від частки заміщення альтернативним паливом природного газу

За побудованими вищевказаними графіками залежності шкідливих викидів від частки заміщення природного газу альтернативним паливом за допомогою чисельних розрахунків видно, що при спалюванні твердого палива

здійснюється великий шкідливий вплив на навколишнє середовище, адже при спалюванні твердого палива утворюється велика кількість оксиду азоту та оксиду вуглецю. Дана різниця є значною проте використання або перехід на альтернативні види палива надають зменшити використання природного газу вартість якого є високою. Пелети є відновлюваним джерелом паливних ресурсів, що не призводить до вичерпання природних ресурсів, як використання природного газу. На відміну від екологічних показників, аналізуючи дані на рис. 2.5, видно, що собівартість відпущеної теплоти зменшується із збільшенням частки заміщення природного газу альтернативним паливом і із збільшенням $Q_{ал} / Q_{існ}$ більше 0,48 практично не змінюється. За отриманими результатами було обрано варіант встановлення пелетного котла потужністю 600 кВт, частка заміщення природного газу становить 0,48. Отже використання альтернативного палива на котельні дозволяє знизити собівартість відпущеної теплоти на 23 %.

3 ТЕПЛОВА СХЕМА ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Теплова схема котельні із альтернативним джерелом теплової енергії

Водогрійні котельні, як правило, є опалювальними і проектується виходячи з кількості теплоти, що відпускається на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання з використанням як теплоносія гарячої води. Нагрівання мережної води безпосередньо у водогрійних котлах.

В даному випадку розглядається схема водогрійної опалювальної котельні при закритій системі теплопостачання. Котельня призначена для опалення житлових будинків. На котельні встановлені водогрійний котел КОЛВІ-1,5, який працює на природному газі та твердопаливний котел ТИРАС-600

Котельня забезпечує відпуск води з температурою 95 °С для потреб системи опалення. На виході із котла встановлений запобіжний клапан. Для зливу води із котлів передбачений дренажний трубопровід. Водопостачання котельні і пожежного резервуару здійснюється з водопроводу.

Система опалення живиться від водогрійної котельні. Згідно розрахунку потужність системи опалення $Q_{оп} = 1,25$ МВт, система замкнута, температура мережної води на виході з котельні 95 °С, температура мережної зворотної води 70 °С, Температура зовнішнього повітря мінус 21 °С.

3.1.1 Розрахунок теплової схеми котельні у зимовий період

Розрахункова потужність теплових споживачів [22]

$$Q_{тс} = Q_{оп} + Q_{гвп}, \quad (3.1)$$

де $Q_{оп}$ –необхідна теплова потужність для потреб опалення, МВт;

$$Q_{тс} = Q_{оп} = 1,25 \text{ (МВт)}.$$

Розрахунок витрати мережної води для потреб теплових споживачів

$$G_{\text{МВ}} = \frac{Q_{\text{тс}}}{C_p(t_{\text{МВ}}^{\text{I}} - t_{\text{МВ}}^{\text{II}})}, \quad (3.2)$$

де C_p – теплоємність води, кДж/(кг · К);

$t_{\text{МВ}}^{\text{II}}, t_{\text{МВ}}^{\text{I}}$ – температури теплового графіка мережної води, $^{\circ}\text{C}$;

$$G_{\text{МВ}} = \frac{1,25 \cdot 10^3}{4,19(95 - 70)} = 11,93 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата добавочної води на підживлення при витратах 0,01% в теплових мережах

$$G_{\text{доб}} = G_{\text{підж}} = \alpha_{\text{втр}} \cdot G_{\text{МВ}}, \quad (3.3)$$

$$G_{\text{доб}} = 0,0001 \cdot 11,93 = 0,001193 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на вході і виході з котла

$$t_{\text{к}}^{\text{I}} = 70 \text{ (}^{\circ}\text{C)},$$

$$t_{\text{к}}^{\text{II}} = 95 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата зворотної мережної води

$$G_{\text{зМВ}} = G_{\text{МВ}} - G_{\text{підж}}, \quad (3.4)$$

$$G_{\text{зМВ}} = 11,93 - 0,001193 = 11,92 \text{ (кг/с)}.$$

Температура додаткової (сирої) води

$$t_{\text{дв}} = 10 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в перепускній лінії

$$G_{\text{пер}} = \frac{G_{\text{МВ}} \cdot C_p(t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{МВ}}^{\text{I}})}{C_p(t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{МВ}}^{\text{II}})}, \quad (3.5)$$

$$G_{\text{пер}} = \frac{11,93 \cdot 4,19(95 - 95)}{4,19(95 - 70)} = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на рециркуляцію,

$$G_{\text{вк}} \cdot C_p \cdot t_{\text{к}}^{\text{I}} = G_{\text{рец}} \cdot C_p \cdot t_{\text{к}}^{\text{II}} - G_{\text{пер}} \cdot C_p \cdot t_{\text{пер}} + G_{\text{мв}} \cdot C_p \cdot t_{\text{мв}}^{\text{II}}, \quad (3.6)$$

де $G_{\text{вк}}$ – витрата води із водогрійного котла, кг/с;

$$G_{\text{вк}} = G_{\text{рец}} - G_{\text{пер}} + G_{\text{мв}} + G_{\text{гр}}, \quad (3.7)$$

тоді

$$G_{\text{рец}} = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води перед мережним насосом (МН)

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{мв}} \cdot (1 - \alpha_{\text{втр}}) \quad (3.8)$$

$$G_{\text{мн}} = 11,93 \cdot (1 - 0,0001) = 11,92 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата мережної води в котлах

$$G_{\text{к}} = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}} + G_{\text{рец}}, \quad (3.9)$$

$$G_{\text{вк}} = 11,92 - 0 + 0 = 11,92 \text{ (кг / с)}$$

Визначимо потужність водогрійного котла

$$Q_{\text{вк}} = G_{\text{вк}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{к}}^{\text{I}}), \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{вк}} = 11,92 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) = 1248 \text{ (кВт)} = 1,25 \text{ (МВт)}.$$

Витрата робочого палива на котел

$$B_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{вк}}}{\eta_{\text{к}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \quad (3.11)$$

де $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – нижча теплота згорання робочого палива (природній газ), МДж / м³;

$$B_{\text{р}} = \frac{1,25}{0,92 \cdot 34,842} = 0,03899 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД-брутто котельні

$$\eta^{6p} = \frac{Q_{оп}}{B_p \cdot Q_H^p}, \quad (3.12)$$

$$\eta^{6p} = \frac{1,25}{0,03899 \cdot 34,842} = 0,92.$$

3.1.2 Розрахунок теплової схеми котельні в середньоопалювальному періоді

Розрахункова потужність теплових споживачів[23]

$$Q_{тс} = Q_0^{\max} \left[\frac{(t_B - t_3)}{(t_B - t_{30})} \right], \quad (3.13)$$

де $t_3 = t_{опз} = 0,1$ (°C);

$t_{30} = -21$ (°C).

$$Q_{тс} = 1,25 \cdot \left[\frac{(20 - 0,1)}{(20 - (-21))} \right] = 0,607 \text{ (МВт)}.$$

Розрахунок витрати мережної води для потреб теплових споживачів

$$G_{мв} = \frac{Q_{тс}}{Cp(t_{мв}^I - t_{мв}^{II})}, \quad (3.14)$$

де Cp – теплоємність води, кДж/(кг · К);

$t_{мв}^{II}, t_{мв}^I$ – температури теплового графіка мережної води, °C.

$$G_{мв} = \frac{0,607 \cdot 10^3}{4,19(61 - 49)} = 12,07 \text{ (кг/с)}.$$

Температури в подавальному і зворотному трубопроводі мережі

$$\tau_1 = t_{вр} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_0} \right)^{0,8} + (\Delta \tau_0 - 0,5 \cdot \theta_0) \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_0} \right) / \left(\frac{G_0}{G_0} \right), \quad (3.15)$$

$$\tau_2 = t_{вр} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_0} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_0} \right) / \left(\frac{G_0}{G_0} \right). \quad (3.16)$$

де t_b – внутрішня температура в опалювальному періоді, °C;

Δt_0 – температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі, °C;

$\Delta \tau_0$ – перепад температур мережної води для розрахункового режиму, °C;

θ_0 – перепад температур води в опалювальній системі для розрахункового режиму, °C;

$\frac{\dot{Q}_0}{Q_0}$ – відносне теплове навантаження.

$$\tau_1 = 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{0,607}{1,25} \right)^{0,8} + (25 - 0,5 \cdot 25) \cdot \left(\frac{0,607}{1,25} \right) / 1 = 61 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$\tau_2 = 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{0,607}{1,25} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot \left(\frac{0,607}{1,25} \right) / 1 = 49 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_0 = (t_{10} + \tau_0) / 2 - t_b, \quad (3.17)$$

$$\Delta t_0 = (95 + 70) / 2 - 20 = 62,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перепад температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_0 = \tau_{10} - \tau_{20}, \quad (3.18)$$

$$\Delta \tau_0 = 95 - 70 = 25 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Відносне теплове навантаження

$$\theta = t_{10} - \tau_{20}, \quad (3.19)$$

$$\theta = 95 - 70 = 25 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата добавочної води на підживлення при витратах 0,01 % в теплових мережах

$$G_{\text{доб}} = G_{\text{підж}} = 0,0001 \cdot G_{\text{МВ}}, \quad (3.20)$$

$$G_{\text{доб}} = 0,0001 \cdot 12,07 = 0,001207 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на вході і виході із котла

$$t_{\text{к}}^{\text{I}} = 49 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$t_{\text{к}}^{\text{II}} = 61 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата зворотної мережної води

$$G_{\text{зМВ}} = G_{\text{МВ}} - G_{\text{підж}}, \quad (3.21)$$

$$G_{\text{зМВ}} = 12,07 - 0,001207 = 12,068 \text{ (кг/с)}.$$

Температура додаткової (сирої) води

$$t_{\text{дв}} = 10 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води в перепускній лінії

$$G_{\text{пер}} = \frac{G_{\text{МВ}} \cdot C_p(t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{МВ}}^{\text{I}})}{C_p(t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{МВ}}^{\text{II}})}, \quad (3.22)$$

$$G_{\text{пер}} = \frac{12,7 \cdot 4,19 \cdot (61 - 61)}{4,19 \cdot (61 - 49)} = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Визначимо витрату води перед мережним насосом

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \quad (3.23)$$

$$G_{\text{МН}} = 12,07 \cdot (1 - 0,0001) = 12,068 \text{ (кг / с)}.$$

Визначимо температуру води перед мережним насосом

$$t_{\text{МН}} = [G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{МВ}}^{\text{II}}] / G_{\text{МН}}, \quad (3.24)$$

$$t_{\text{МН}} = [12,07 \cdot (1 - 0,0001) \cdot 49] / 12,068 = 49 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води в перепускній лінії

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{МВ}} \cdot (t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{пр}}) / (t_{\text{МВ}}^{\text{I}} - t_{\text{МН}}), \quad (3.25)$$

$$G_{\text{пер}} = 12,07 \cdot (61 - 61) / (49 - 49) = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на рециркуляцію

$$G_{\text{рец}} = (G_{\text{МН}} - G_{\text{пер}}) \cdot (t_{\text{к}}^{\text{I}} - t_{\text{МН}}) / (t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{к}}^{\text{I}}), \quad (3.26)$$

$$G_{\text{рец}} = (12,07 - 0) \cdot (49 - 49) / (61 - 49) = 0 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата мережної води в котлах

$$G_{\text{к}} = G_{\text{МН}} - G_{\text{пер}} + G_{\text{рец}}, \quad (3.27)$$

$$G_{\text{к}} = 12,07 - 0 + 0 = 12,07 \text{ (кг / с)}.$$

Визначимо потужність водогрійного котла

$$Q_{\text{вк}} = G_{\text{вк}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{к}}^{\text{II}} - t_{\text{к}}^{\text{I}}), \quad (3.28)$$

$$Q_{\text{вк}} = 12,07 \cdot 4,19 \cdot (61 - 49) = 606,8 \text{ кВт} = 0,6068 \text{ (МВт)}.$$

Витрата робочого палива на котел

$$V_p = \frac{Q_{BK}}{\eta_k \cdot Q_H^p}, \quad (3.29)$$

де Q_H^p – нижча теплота горіння робочого палива (природній газ), МДж / м³;

$$V_p = \frac{0,6068}{0,92 \cdot 34,842} = 0,0189 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД-брутто котельні

$$\eta^{br} = \frac{Q_{BK}}{V_p \cdot Q_H^p}, \quad (3.30)$$

$$\eta^{br} = \frac{0,6068}{0,0039 \cdot 34,842} = 0,92.$$

3.1.3 Розрахунок та перевірка основного та допоміжного обладнання котельні

За результатами розрахунків теплової схеми перевіряємо допоміжне обладнання.

Подача вентиляторів [24]

$$Q_B = k_3 \cdot 3,6 \cdot V \cdot V^0 \cdot \alpha_T \cdot [(t_{\text{п}} + 273) / 273], \quad (3.31)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу .

– в максимально зимовий режим роботи котельні

$$Q_B = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,03899 \cdot 9,48 \cdot 1,05 \cdot (20 + 273) / 273 = 1,64 \text{ (тис. м}^3\text{/год)}.$$

Встановлено два вентилятори ВД – 2,7 з подачею по 1,0 тис. м³/ год, напором 1,50 кПа і ККД 0,55.

– в середньоопальвальний режим роботи котельні

$$Q_B = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,0189 \cdot 9,48 \cdot 1,05 \cdot (20 + 273) / 273 = 0,799 \text{ (тис. м}^3\text{/год)}.$$

Потужність електроприводів вентиляторів

$$N_B = 1,1 \cdot Q_B \cdot H_B / \eta_B / 3600, \quad (3.32)$$

– в максимальний режим роботи котельні

$$N_B^{M3} = 1,1 \cdot 1,64 \cdot 1,50 \cdot 3600 / 0,55 / 3600 = 4,92 \text{ (кВт)};$$

– в середньоопальвальний режим роботи котельні

$$N_B^{CO} = 1,1 \cdot 0,79 \cdot 3600 \cdot 1,50 / 0,55 / 3600 = 2,397 \text{ (кВт)}.$$

Подача димососів

$$Q_d = K_3 \cdot 3,6 \cdot B \cdot [V_{\Gamma} + (\alpha_{BG} - 1) \cdot V^0] \cdot [(t_{BG} + 273) / 273], \quad (3.33)$$

де $\alpha_{BG} = 1,35$ – коефіцієнт надлишку повітря у вихідних газах;

$t_{BG} = 140(^{\circ}\text{C})$ – температура відхідних газів.

– в максимально зимовий режим роботи котельні

$$Q_d^{M3} = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,03899 \cdot [10,6 + (1,35 - 1) \cdot 9,48] \cdot [(140 + 273) / 273] = 3,25 \text{ (тис. м}^3\text{/год)}.$$

Із додатка Д [23] вибираємо два димососи Д – 3,5 з подачею по 3,2 тис. м³/ год, напором 0,360 кПа і ККД 0,50.

– в середньоопальвальний режим роботи котельні

$$Q_d^{CO} = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,0189 \cdot [10,6 + (1,35 - 1) \cdot 9,48] \cdot [(140 + 273) / 273] = 1,576 \text{ (тис. м}^3\text{/год)}.$$

Потужність електроприводів димососів

$$N_d = 1,1 \cdot Q_d \cdot H_d / \eta_d / 3600, \quad (3.34)$$

– в максимальний режим роботи котельні

$$N_d^{M3} = 1,1 \cdot 3,25 \cdot 3600 \cdot 0,360 / 0,50 / 3600 = 0,792 \text{ (кВт)}$$

– в середньоопалювальний режим роботи котельні

$$N_{\text{д}}^{\text{co}} = 1,1 \cdot 1,576 \cdot 3600 \cdot 0,360 / 0,50 / 3600 = 1,248 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна електрична потужність тягодуттєвих установок

$$N_{\text{тд}} = N_{\text{в}} + N_{\text{д}}, \quad (3.35)$$

– максимальний режим роботи котельні

$$N_{\text{тд}}^{\text{M3}} = 4,92 + 0,792 = 5,712 \text{ (кВт)};$$

– середньоопалювальний режим роботи котельні

$$N_{\text{тд}}^{\text{co}} = 2,397 + 1,248 = 3,645 \text{ (кВт)}.$$

На котельні встановлені 2 насоси мережної води VeroLineIPN-W 35 170-2 з подачею 120 м³/год, напором 40 м вод.ст., один насос є робочим, один резервним.

Потужність електродвигуна мережного насоса

$$N_{\text{мн}} = G_{\text{мв}} \cdot H_{\text{мн}} \cdot g / (\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ед}}), \quad (3.36)$$

$$N_{\text{мн}}^{\text{оп}} = 12,07 \cdot 40 \cdot 9,81 / (0,55 \cdot 0,96) = 8,97 \text{ (кВт)}.$$

На котельні встановлено рециркуляційний насос VeroLineIPN-W 32 170-2 з подачею 25 м³/год, напором 35 м вод.ст.

Потужність рециркуляційного насоса

$$N_{\text{рец}}^{\text{оп}} = G_{\text{рец}}^{\text{оп}} \cdot H_{\text{рец}} \cdot g / (\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ед}}), \quad (3.37)$$

$$N N_{\text{рец}}^{\text{оп}} = 11,92 \cdot 35 \cdot 9,81 / (0,55 \cdot 0,96) = 7,7 \text{ (кВт)}.$$

Для сирієї води встановлено насос 1,5К – 8/19 з подачею 6 м³/год, напором 0,203 МПа, ККД 0,44.

Потужність насоса сирієї води

– в опалювальний період

$$N_{\text{НСВ}}^{\text{оп}} = G_{\text{ДВ}}^{\text{оп}} \cdot H_{\text{НСВ}} \cdot g / (\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ем}}), \quad (3.38)$$

$$N_{\text{НСВ}}^{\text{оп}} = 4,92 \cdot 20,3 \cdot 9,81 / (0,44 \cdot 0,96) = 0,57 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна потужність електроприводів насосів

– в максимальний режим

$$N_{\text{н}}^{\text{МЗ}} = N_{\text{НСВ}}^{\text{МЗ}} + N_{\text{рец}}^{\text{МЗ}} + N_{\text{МН}}^{\text{МЗ}}, \quad (3.39)$$

$$N_{\text{н}}^{\text{МЗ}} = 4,92 + 0 + 0,792 = 5,712 \text{ (кВт)}.$$

– в середньоопалювальний режим

$$N_{\text{н}}^{\text{со}} = N_{\text{НСВ}}^{\text{оп}} + N_{\text{рец}}^{\text{оп}} + N_{\text{МН}}^{\text{оп}}, \quad (3.40)$$

$$N_{\text{н}}^{\text{со}} = 8,97 + 7,7 + 0,57 = 17,24 \text{ (кВт)}.$$

Загальна потужність власних потреб котельні

– в середньоопалювальний режим

$$N_{\text{ВП}}^{\text{со}} = N_{\text{ТД}}^{\text{со}} + N_{\text{н}}^{\text{со}}, \quad (3.41)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{со}} = 3,645 + 17,24 = 20,89 \text{ (кВт)}.$$

– максимальний режим

$$N_{\text{ВП}}^{\text{МЗ}} = N_{\text{ТД}}^{\text{МЗ}} + N_{\text{н}}^{\text{МЗ}}, \quad (3.42)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{МЗ}} = 5,712 + 5,712 = 11,424 \text{ (кВт)}.$$

З урахуванням втрат електроенергії на освітлення та інше потужності власних потреб можуть складати

– в середньоопалювальний режим

$$N_{\text{ВП}}^{\text{со}} = 1,03 \cdot 20,89 = 21,31 \text{ (кВт)};$$

– максимальний режим

$$N_{\text{ВП}}^{\text{МЗ}} = 1,02 \cdot 11,424 = 11,625 \text{ (кВт)}.$$

3.2 Підбір обладнання паливоподачі

Для подачі палива в твердопаливний котел ТИРАС-600 було обрано механізовану систему RETRA. Механізована завантаження складу палива може здійснюватися наступними способами:

- транспортером;
- ковшовою подачею палива;
- самосвалом.

Використовується система автоматизованої подачі палива з ресорним (пружинним) накидодавцем призначена для автоматизованого прийому та подачі гранульованого та твердого палива з складу зберігання, організованого насипним способом, транспортування та розподілу його на напірні паливні баки з котлом за допомогою скребкового транспортера. Система автоматизованого управління здійснює контроль рівня палива (датчики рівня палива) у складі палива та паливних баків котлів, забезпечує автоматизацію процесів контролю, сигналізації, керування, регулювання, необхідних для захисту та блокування. Накидач палива представляє собою диск діаметром до 1 м, з пружними лопотями і приводом від скребкової конвеєри. Число оборотів диска - від одного до двох оборотів в хвилину.

Можливо різні варіації розташування паливосховищ. Ідеально, щоб місце де зберігається паливо було погружено в землю, з метою зручності завантаження палива. Висота паливосховище не повинна перевищувати 5 м.

В котельні на якій проводиться модернізація передбачений склад для зберігання палива довжиною 4,398 м та шириною 7,367 м. Передбачений вхід з вулиці та вхід від складу до котельні. Проте необхідно виконати зміни в самому складі, збільшити прохід для вивантаження палива, та місце для автоматичного шнеку який завантажуватиме паливо з складу в бункер котла ТИРАС-600.

Принцип роботи системи подачі палива з ресорним даром наступний: на дні топливного складу розміщується привід з еластичними з'єднаннями (ресорна лапа), прийомний жолоб скребкового подачі палива та завантажувальний вікна скребкового подачі палива. Верхня кришка жолоба повинна співпадати з нульовою відміткою складу палива. Ресорні лопоті, які приводять в рух приводом, підбирають розсипне паливо та рухають його до вивантажної горловини. Зі складу через завантажувальні вікна перекриваються ножовими засувками, паливо самопливом надходить в жолоб скребкового транспортера. Необхідна траєкторія скребкового транспортера формується за допомогою зміни кількості прямолінійних секцій і застосування поворотних секцій.

Привід ланцюгової подачі палива складається з редуктора і електродвигуна. Натяжна секція складається з валу із зірочками, рам, підшипникових вузлів в рухомих корпусах. Прямолінійна секція являє собою короб з направляючими для ланцюгів. Поворотна секція вигнута на кут 15° , 30° , 45° в залежності від виду палива і довжини ділянки подачі. Скребковий ланцюг подачі палива може складатися з однієї або двох тягових розбірних ланцюгів, з закріпленими між ними скребками. Секції подачі палива повинні повністю знімну кришку для зручності обслуговування, регулювання вузлів, очищення коробів, а також проведення ремонтних робіт.

Тяговий апарат скребкового подачі палива робить безупинний поступальний рух. Скребок при русі вперед по ходу переміщення вантажу займає перпендикулярне положення до тягового елемента - штанзі і транспортує порцію вантажу в заданому напрямку. При русі назад скребок повертається, наближаючись до тягового елемента, і вільно проходить крізь вантаж. При повторному русі вперед скребок знову займає перпендикулярне положення і захоплює сусідню, наступну по ходу руху порцію палива. У верхній точці відбувається вивантаження палива з транспортера в живильне трубу-самоплив, яка перекривається заслінкою клапана, захищає від прориву топкових газів в приміщенні. Зусилля спрацювання заслінки клапана регулюється переміщенням грузика-противаги.

3.3 Розрахунок обладнання для очищення димових газів

3.3.1 Встановлення димової труби

Димові труби котелень являють собою конструкції, які призначені для видалення в зовнішнє середовище продуктів спалювання палива. У великих котельнях використовується штучна тяга замість природної, здійснювана димовими насосами [25].

Основними елементами подібних споруд є фундамент, цоколь і сам стовбур. В середині ствол, в більшості випадків, захищений футеровкою, що споруджується з вогнетривкої цегли. Висота димової труби котельні повинна бути вище, не менше, ніж на 5 м коника даху будівель, які розташовуються в радіусі 25 метрів від неї.

За санітарно-технічними нормами, спорудження сталевих труб для димоходу, що мають висоту, менше 30 м, допустимо лише при добових витратах палива многозольного типу, не більше 5 т. Експлуатації подібних споруд становить 10 років та сильно скорочується при використанні високосірчаного палива. Димові труби без належного догляду швидко втрачають робочу здатність, засмічуючись і забиваючись кіптявою та сажею. Чистку димохідних труб необхідно проводити до або після опалювального сезону, тобто в той час, коли вони не функціонують. Вчасне обстеження труби дозволяє виявити виниклі дефекти та забезпечити нормальну циркуляцію повітря в опалювальному споруді.

Догляд за димарем передбачає перевірку під'єднання та того, чи немає виступів, що перешкоджають подачі кисню. При виявленні тріщин в трубі їх необхідно усувати, так як від потрапляння в них вологи може привести до руйнування труб в холодний період, коли вода в них, замерзнувши, розширить шви. Розчин з швів замінюють кожні п'ять-десять років, що входить в капітальний ремонт димових труб. Профілактична чистка труб передбачає виведення з каналу попелу, сажі і кіптяви, які осіли на його стінах.

3.3.2 Розрахунок димової труби

Необхідно визначити значення коефіцієнтів які враховують підйом факела над трубою, дані значення визначаються за допоміжними величинами, які вираховуються по конструктивним параметрам [26].

$$f = 1000 \cdot w_o \cdot D / (H^2 \cdot \Delta T), \quad (3.43)$$

де w_o – швидкість виходу димових газів з труби, м/с;

D – діаметр димової труби, м;

H – висота димової труби, м;

ΔT – різниця температур відхідних газів і навколишнього повітря, К.

Попередньо задаємось діаметром труби 1,8 м, та висотою труби 30 м.

$$f = 1000 \cdot 15 \cdot 1,2 \cdot 1,8 / (30^2 \cdot 160) = 0,125.$$

$$v'_m = 1,3 \cdot w_o \cdot D / H, \quad (3.44)$$

де w_o – швидкість виходу димових газів з труби, м/с;

D – діаметр димової труби, м;

H – висота димової труби, м;

$$v'_m = 1,3 \cdot 15 \cdot 1,2 / 30 = 0,78.$$

Коефіцієнт m визначається з графіка або за формулою

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (3.45)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,125} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,125}} = 1,86.$$

Коефіцієнт n при $f \leq 100$ визначається з графіка залежності v'_m або з формули

$$n = 0,532 \cdot v_m'^2 - 2,13 \cdot v'_m + 3,13, \quad (3.46)$$

$$n = 0,532 \cdot 0,78^2 - 2,13 \cdot 0,78 + 3,13 = 1,79.$$

З наведених вище коефіцієнтів мінімально допустима геометрична висота димової труби при якій максимально допустима концентрація кожної шкідливої речовини не повинна перевищувати відповідної ГДК визначається з формули

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{c_m \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}}, \quad (3.47)$$

де A – кліматичний коефіцієнт приймається різне для певних територій;

M – кількість шкідливих викидів, кг/с;

F – коефіцієнт, який враховує сепарацію часточок золи;

m, n – коефіцієнти які враховують підйом факела над трубою;

V – об'єм димових газів, що викидається з труби, м³/с;

ΔT – різниця температур відхідних газів і навколишнього повітря, К.

c_m – гранично допустима концентрація шкідливих викидів.

Необхідно обрахувати висоту труби по всім шкідливим видам, по отриманому найбільшому значенню і обирається висота труби, м.

$$H_{(CO_2)} = \sqrt{\frac{180 \cdot 0,1318 \cdot 1,86 \cdot 1,79 \cdot 1}{3,0 \cdot \sqrt[3]{38,15 \cdot 160}}} = 1,2,$$

$$H_{(CO)} = \sqrt{\frac{180 \cdot 0,149 \cdot 1,86 \cdot 1,79 \cdot 1}{3,0 \cdot \sqrt[3]{38,15 \cdot 160}}} = 1,27,$$

$$H_{(SO_2)} = \sqrt{\frac{180 \cdot 0,00686 \cdot 1,86 \cdot 1,79 \cdot 1}{3,0 \cdot \sqrt[3]{38,15 \cdot 160}}} = 0,75,$$

$$H_{(зола)} = \sqrt{\frac{180 \cdot 0,000788 \cdot 1,86 \cdot 1,79 \cdot 1}{3,0 \cdot \sqrt[3]{38,15 \cdot 160}}} = 0,227.$$

Отже, за результатами розрахунків отримали найбільше значення $H_{CO} = 1,27$ м. Розрахункова висота димової труби дуже мала, тому необхідно

збільшити висоту димової труби на 1 м за висоту будівлі 5,5 м, тому висоту труби приймаємо 7 м.

3.3.3 Розрахунок та підбір циклона

Вихідні дані для розрахунку циклона

Витрата очищеного газу (з розрахунку теплової схеми) $Q_r = 2884 \text{ м}^3/\text{год}$.

Температура газів $t_r = 180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Дисперсний склад пилу $d_{50} = 20 \text{ мкм}$, $\lg\sigma_{\text{ч}} = 0,477$.

Густина частинок $\rho_{\text{ч}} = 2000 \text{ кг/м}^3$.

В'язкість газу при нормальних умовах $\mu_r = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Густина газу при нормальних умовах $\rho_r = 1,31 \text{ кг/м}^3$.

Запиленість газу $C_r = 58,5 \text{ г/м}^3$.

Необхідна ефективність очищення газів $\eta = 99 \%$.

Задаємось типом циклону. Приймаємо до розрахунку зворотно-поточний циклон типу ЦН-11.

Приймаємо величину оптимальної швидкості потоку у циклоні, м/с

$$w_{\text{опт}} = 3,5.$$

Визначаємо діаметр циклону, м

$$D = \left(\frac{4 \cdot Q_r}{3600 \cdot \pi \cdot w_{\text{опт}}} \right)^{0,5}, \quad (3.48)$$

де Q_r – кількість газу що очищується, $\text{м}^3/\text{с}$;

$w_{\text{опт}}$ – оптимальна швидкість руху газів в циклоні, м/с.

$$D = \left(\frac{4 \cdot 2884}{3600 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \right)^{0,5} = 0,539.$$

Обираємо стандартний циклон діаметром 500 мм.

Швидкість потоку у циклоні діаметром 500 мм, м/с

$$w = \frac{4 \cdot Q_r}{3600 \cdot \pi \cdot D^2}, \quad (3.49)$$

де Q_r – кількість газу що очищується, $\text{м}^3/\text{с}$;

D – діаметр циклона, м.

$$w = \frac{4 \cdot 2884}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 4,08.$$

Підбираємо значення $\zeta_{500} = 250$, коефіцієнт, що залежить від діаметра циклона $K_1 = 1,0$, поправковий коефіцієнт на запиленість повітря $K_2 = 0,94$, коефіцієнт на спосіб компоновки групи циклонів $K_3 = 0$, для циклону ЦН-11, що працює на вихлоп у атмосферу

Коефіцієнт гідравлічного опору циклону

$$\zeta = \zeta_{500} \cdot K_1 \cdot K_2 + K_3, \quad (3.50)$$

де ζ_{500} – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона діаметром 500 мм;

K_1 – поправочний коефіцієнт на діаметр циклона;

K_2 – поправочний коефіцієнт на запиленість газу.

$$\zeta = 250 \cdot 1,0 \cdot 0,94 + 0 = 235.$$

Густина димових газів в робочих умовах, ($\text{кг}/\text{м}^3$)

$$\rho_r = \rho_{\text{н}} \cdot T_{\text{н}} / T_r, \quad (3.51)$$

де $\rho_{\text{н}}$ – густина газів за нормальних умов, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$T_{\text{н}}$ – температура газів за нормальних умов, К;

T_r – температура газів, К.

$$\rho_r = 1,31 \cdot 273 / (273 + 180) = 0,789.$$

Втрати тиску у циклоні, (Па)

$$\Delta P = \zeta \cdot \rho_r \cdot w^2 / 2, \quad (3.52)$$

де ρ_r – густина газу, кг/м³;

w – швидкість газу в циклоні, м/с.

ζ – коефіцієнт гідравлічного опору в циклоні.

$$\Delta P = 235 \cdot 0,789 \cdot 3,5^2 / 2 = 1135,66.$$

Величина втрат тиску може бути забезпечена димососами встановленими у котельні.

Знаходимо значення $d_{50} = 3,65$ мкм для циклону ЦН-11 діаметром $D_T = 750$ мм за табличної густини частинок 1930 кг/м³ і в'язкості газу-носія $22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с, а також величину $\lg \sigma_\eta = 0,345$ [6].

Значення d_{50} для робочих умов, мкм

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\left(\frac{D}{D_T} \cdot \frac{\rho_{ч.т}}{\rho_ч} \cdot \frac{\mu}{\mu_ч} \cdot \frac{w_T}{w} \right)^{0,5}}, \quad (3.53)$$

де d_{50}^T – діаметр часточок які осідають з ефективністю 50%, мкм;

D – діаметр циклона, м;

D_T – найближче типове значення внутрішнього діаметра циклона, м;

$\rho_ч$ – густина частинок, кг/м³;

$\rho_{ч.т}$ – таблична густина частинок, кг/м³;

μ – в'язкість газу за нормальних умов, Па·с;

$\mu_ч$ – табличне значення газу носія, кг/м³;

w_T – швидкість потоку в циклоні, м/с;

w – табличне значення швидкості потоку в циклоні, м/с.

$$d_{50} = 3,65 \left(\frac{0,5}{0,75} \cdot \frac{1950}{2000} \cdot \frac{7,5 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{3,5}{4,6} \right)^{0,5} = 1,487 \text{ (мкм)}$$

Параметр осадження

$$x = \frac{\lg(d_{50} / d_{50}^r)}{\sqrt{(\lg^2 \sigma_{\eta}^r + \lg^2 \sigma_{\eta})}}, \quad (3.54),$$

де d_{50} – значення діаметра часточок для робочих умов, мкм;

d_{50}^r – діаметр часточок які осідають з ефективністю 50%, мкм;

$\lg^2 \sigma_{\eta}$ – дисперсний склад пилу;

$\lg^2 \sigma_{\eta}^r$ – табличне значення дисперсного складу пилу.

$$x = \frac{\lg(20 / 1,487)}{\sqrt{0,352^2 + 0,477^2}} = 1,903$$

Знаходимо значення інтегралу ймовірності $\Phi(x) = 0,9713$

Ефективність очищення газу у циклоні

$$\eta = 50 \cdot (1 + \Phi(x)), \quad (3.55)$$

де $\Phi(x)$ – значення інтегралу ймовірності.

$$\eta = 50 \cdot (1 + 0,9713) = 98,5 = 99\%.$$

Добовий викид золи після циклона

$$M = C_r \cdot Q_r \cdot (1 - \eta) \cdot 24, \quad (3.56)$$

де C_r – запиленість газу, г/м³;

Q_r – витрата очищеного газу (з розрахунку теплової схеми), м³/год.

$$M = 0,0585 \cdot 2884 \cdot (1 - 0,985) \cdot 24 = 60,7 \text{ (кг)}.$$

Отже циклон ЦН-11 діаметром 750 мм може бути використаний для очищення димових газів після котла на пелетах.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ

4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

В даній роботі розробляється система монтажу обладнання для очищення димових газів на виході з газового котла КОЛВІ-1500 та ТИРАС-600. В попередніх розрахунках було підібрано для встановлення утилізатор теплоти відхідних газів на виході з газового водогрійного котла КОЛВІ-1500, та циклон ЦН-11 діаметром 750 мм для очищення димових газів від твердопаливного котла ТИРАС-600, який працює на пеллетах.

Для подачі палива в твердопаливний котел ТИРАС-600 було обрано механізовану систему RETRA [27].

Використовується система автоматизованого подачі палива призначена для автоматизованого прийому та подачі гранульованого та твердого палива з складу зберігання, організованого насипним способом, транспортування та розподілу його на напірні паливні баки з котлом за допомогою скребкового транспортера.

Ідеально, щоб місце де зберігається паливо в землі, з метою зручності завантаження палива [28]. Висота паливосховище не повинна перевищувати 5 м.

В котельні на якій проводиться модернізація передбачений склад для зберігання палива довжиною 4,398 м та шириною 7,367 м. Передбачений вхід з вулиці та вхід від складу до котельні.

Проте необхідно виконати зміни в самому складі, збільшити прохід для вивантаження палива, та місце для автоматичного шнеку який завантажуватиме паливо з складу в бункер котла ТИРАС-600.

Для очищення димових газів від твердих часточок при спалюванні пелет вирішено було встановити циклон ЦН-11 [29].

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим.	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Установка система паливоподачі RETRA	кг	1	720	720
2	Установка циклона ЦН-11	кг	1	200	200
3	Установка бункера для завантаження палива	кг	1	430	430
4	Газоходи з листової сталі діаметром 450 мм [30]	м	10,621	15	159,315
5	Газоходи з листової сталі діаметром 500 мм [30]	м	9,232	17	158,644
6	Ізоляційний матеріал для ізоляції газоходів діаметр, товщина стінки 0,6 мм,[31]	м	3,674	0,8	2,9392
7	Ізоляційний матеріал для ізоляції газоходів діаметр товщина стінки 0,6 мм,[31]	м	0,930	1,37	1,2647
Потреба у допоміжних матеріалах					
Монтаж повітроходів Ø450 мм (група 1) [30]					
	Азбестовий шнур загл.призначення, діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,15001	0,0084	1,26
	Вироби резинові технічні,морозостійкі	кг	0,15001	7,58	1,137
	Мастика герметизуюча нетвердіюча «Глен»	т	0,15001	0,00513	0,7695
	Єлектроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,15001	0,00039	0,0585
	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,15001	0,011	1,6501
					4,875

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Монтаж повітроходів Ø500 мм (група 1) [30]					
	Азбестовий шнур загал. призначення, діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,1449	0,0084	1,22
	Вироби резинові технічні, морозостійкі	кг	0,1449	7,58	1,098
	Мастика герметизуюча нетвердіюча «Глен»	т	0,1449	0,00513	0,7433
	Єлектроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,1449	0,00039	0,0565
	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,1449	0,011	1,5939
					4,712
Монтаж ізоляції Ø450 мм (група 5) [31]					
	Бітуми нафтяні будівельні, марка БН-70/30	т	0,3674	0,179	65,76
	Стрічка стальна упаковальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,3674	0,0093	3,417
	Сталь листована оцинкована, діаметр 1,6 мм	кг	0,3674	0,15	55,1
	Пряжки	кг	0,3674	0,15	55,1
					179,377
Монтаж ізоляції Ø 500 мм (група 5) [31]					
	Бітуми нафтяні будівельні, марка БН-70/30	т	0,0930	0,179	16,647
	Стрічка стальна упаковальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,0930	0,0093	0,8649
	Сталь листована оцинкована, діаметр 1,6 мм	кг	0,0930	0,15	13,95
	Пряжки	кг	0,0930	0,15	13,95
					45,412
Монтаж Циклона ЦН-11 (Група 80) [32]					
	Канати пенькові просочені	т	0,2	0,00000 5	0,001
	Кисень технічний газоподібний	кг	0,2	0,87	0,174
	Мило тверде господарське 72%	шт	0,2	0,01	2
	Проволока сварочна леригована діаметр 4 мм	кг	0,2	0,00010 5	0,021
	Проволока стальна низьковугцева різного призначення оцинкована, діаметр 1,1 мм	кг	0,2	0,00002 4	0,0048
	Електроди діаметр 4 мм, марка 342	кг	0,2	0,0456	9,12
	Ветош	кг	0,2	0,05	10

Продовження таблиця 4.1

1	2	3	4	5	6
	Швеллер N16-24 з сталі марка 18 сп	кг	0,2	0,0206	4,12
	Канат спіральни тип ТК, без покриття, з проволочи марки В, маркировочна	10 м	0,2	0,004	0,8
					26,24
Монтаж системи паливоподачі RETRA (251) [33]					
	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0053	5,3
	Металеві прокладки	т	1	0,012	12
	Витрата електроенергії	кВт/ ч		36,8	
					17,3

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного і допоміжного обладнання та всі пристроїв і інструментів . Проте є основне обладнання яке доставляється на котельню у зібраному вигляді – бункер для подачі палива (пеллет), загальна маса якого становить 430 кг.

Загальна маса становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{мат}} = 1672,1629 + 277,916 = 1950,078 \text{ (кг)}$$

4.2 Визначення складу і об'єму робіт. Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій та визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Склад робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Прокладання трубопроводів діаметром 450 мм.
4. Прокладання трубопроводів діаметром 500 мм.

5. Встановлення автоматичної системи подачі палива RETRA
6. Встановлення цилонна марки ЦН-11
7. Ізоляція трубопроводів діаметром 476 мм.
8. Ізоляція трубопроводів діаметром 550 мм.
9. Робоча перевірка системи в цілому.
10. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.

Об'єм робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 1950,0789 кг (1,997 т). Приймаємо об'єм $V=1,950$ т.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L=19,853$ м. Приймаємо $V = 0,19853$ м.

3. Прокладання трубопроводів діаметром 450 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 . Довжина труб з діаметром 450 мм складає 10,621 м, отже, приймаємо $V=0,150$ м.

4. Прокладання трубопроводів діаметром 500 мм. Одиниці вимірювання 100 м^2 . Довжина труб з діаметром 500 мм складає 9,232 м, отже, приймаємо $V=0,1449$ м.

5. Встановлення автоматичної системи подачі палива RETRA. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=0,72$ т.

6. Встановлення цилонна марки ЦН-11. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=0,2$ т.

7. Ізоляція трубопроводів діаметром 450 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 3,674 м. $V = 0,3674$ м.

8. Ізоляція трубопроводів діаметром 500 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 0,930 м. $V = 0,093$ м.

9. Робоча перевірка системи в цілому. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Загальна довжина трубопроводів становить: 19,853 м. Отже, $V= 0,19853$ м.

10. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Загальна довжина трубопроводів становить: 19,853 м. Отже, $V = 0,19853$ м.

4.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Трубопроводами називаються пристрої за допомогою яких транспортують рідкі, газоподібні та сипучі речовини. Трубопроводи складаються з щільно з'єднаних між собою прямих ділянок труб, деталей, запірно-регулюючої арматури, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики, опор і підвісок, кріплення, прокладок і ущільнень, а також матеріалів, застосовуваних для теплової і антикорозійної ізоляції [34]. До технологічних трубопроводах відносяться всі трубопроводи промислових підприємств, за якими транспортуються: сировина, напівфабрикати та готові продукти; пар, вода, паливо, реагенти; відходи виробництва та ін. Технологічні трубопроводи працюють при складних умовах. У процесі роботи окремі частини трубопроводу знаходяться під тиском продукту, що транспортується, яке може бути від 0,01 до 2500 кгс/см² і вище, під впливом температур в межах від -170 до +700 °С і більше, під постійним навантаженням від маси труб і деталей, навантажень теплового подовження, вібраційних, вітрових та тиску ґрунту. Крім того, в елементах трубопроводу можуть виникати періодичні навантаження від нерівномірного нагріву, заземлення рухомих опор і надмірного тертя в них [35].

Складність виготовлення та монтажу технологічних трубопроводів визначається:

- ступенем та характером агресивності продуктів, які транспортуються (пар, газ, спирти, вода, нафта, кислоти, луги та ін.);
- розташуванням трубопроводів у траншеях, каналах, лотках, на стійках, естакадах, етажерках, на технологічному обладнанні;
- конфігурацією обв'язки апаратів та обладнання, великою кількістю

роз'ємних та нероз'ємних з'єднань, трубопроводів, компенсаторів, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і опорних конструкцій.

За територіальною ознакою технологічні трубопроводи поділяють на внутрішньоцехові, що з'єднують окремі апарати і машини в межах однієї технологічної установки або цеху і розміщені всередині будинку або на відкритому майданчику, міжцехові, що з'єднують окремі технологічні установки і цехи. Успішне і якісне виконання монтажних робіт залежить від своєчасної підготовки виробництва. При монтажі трубопроводів необхідно суворо дотримуватися технічних умов і правил провадження робіт, деталей і вузлів трубопроводів, арматури та інших матеріалів [36].

4.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Конструкції та обладнання, труби, деталі, для систем опалення завозяться централізовано автомашиною "Mercedes Sprinter". Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики автомашини "Mercedes Sprinter"[37]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	до 3000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	970
Найбільша швидкість	км/год	160
Радіус повороту	м	8
Колія колес:		
передні	мм	1800
задні	мм	1650
Витрата палива	л/100 км	12
Габарити:		
Довжина		5778
Ширина		1972
Висота		2190
Маса	кг	2800

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 300(км);
- кількість ходок $n=2$;
- витрата пального $Q=12$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{п}}=0,12 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 300=144 \text{ л.}$$

Для встановлення обладнання використовуємо автокран КАМАЗ КС-5572 [38] технічна характеристика якого наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика автокрана КАМАЗ КС-5572

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	32
Виліт стріли	м	27
Коля коліс: передніх	м	2,5
задніх		1,95
Маса	т	20

Таблиця 4.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів[39]

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
Зубило слюсарне довжиною 0,2м	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Молоток гумовий		6	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Висок	ГОСТ 7948-80	2	0,2
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Для пробивки отворів у стіні використовуємо перфоратор «МАКІТА» [40].

Таблиця 4.5 – Технічна характеристика перфоратора «МАКІТА HR 5001С»

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Енергія удару	Нм	1,0
Частота удару	Гц	40
Потужність	Вт	350
Глибина отвору	мм	до 200
Маса	кг	12,8

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний напівавтомат інверторного типу KIND MIG-300 [41]. Його характеристики вказані в таблиці 3.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики зварювального напівавтомату інверторного типу KIND MIG-300

Величина	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга мережі	В	380
Номінальний зварювальний струм	А	250
Діаметр зварювальної проволочки	мм	0,8-1,4
Споживана потужність	кВт	6,4
Діаметр касети з проволочкою	мм	300
Маса	кг	25

4.5 Витрати на паливні та енергетичні ресурси

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою

$$E=P \cdot \tau \cdot k, \quad (4.2)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрати електроенергії на роботу перфоратора МАКІТАНН 5001С:

$$K=0,1 \quad \tau=2 \text{ год}, \quad p=0,35 \text{ (кВт)};$$

$$E_2= 0,35 \cdot 16 \cdot 0,1= 0,07 \text{ (кВт год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального напівавтомату інверторного типу KIND MIG-300

$$K=0,1 \quad \tau=5 \text{ год}, \quad p=0,35 \text{ (кВт)};$$

$$E_2= 0,35 \cdot 5 \cdot 0,1= 0,175 \text{ (кВт год)}.$$

4.6 Технологія монтажу теплотехнологічного обладнання

До умов праці працівників промислових підприємств пред'являються певні вимоги, викладені в нормах і правилах з техніки безпеки. Багато виробництв вимагають установки систем припливно-витяжної вентиляції з метою приведення стану повітряного середовища у відповідність до необхідних норм [42]. В нормативних актах відображені вимоги до характеристик і параметрів повітря на робочих місцях і, зокрема, обумовлюються допустимі норми запиленості повітря. Залежно від умов виробництва і виробничої необхідності в промисловості застосовуються найрізноманітніші типи пиловловлювачів. Якщо приточно-витяжна вентиляція встановлюється в цехах з підвищеною запиленістю, то до складу витяжною і аспіраційної системи вентиляції обов'язково входять промислові пиловловлювачі. Циклони є пиловловлювальне обладнання інерційного типу для очищення повітряних потоків від твердих середньодисперсних і крупнодисперсних частинок. Промисловістю випускається досить широкий ряд циклонів з різними технічними характеристиками [43].

Циклони можуть використовуватися як у вигляді пиловловлюючого агрегату остаточного очищення, так і в якості підготовчої ступені перед фільтрами більш тонкого очищення в системах комбінованої очистки повітря. Його встановлюють на заздалегідь підготовлені залізобетонні або металеві постаменти або на кронштейни, закріплені до будівельних конструкцій. Тривалість монтажу циклону становить 4 - 5 днів при роботі в одну зміну [44].

Залежно від маси і габаритних розмірів циклони поставляють на об'єкт в зібраному вигляді або окремими деталями. При монтажі циклонів з окремих деталей лебідкою або автокраном піднімають корпус циклону на постамент, кріплять до нього болтами нижній фланець циклону і монтують інші деталі - спочатку бункер, а потім кришку. Останнім на бункер для збору пилу встановлюють герметичні затвори шибєрного або кульового типу [45].

4.7 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B} \text{ [люд/дні]}, \quad (4.3)$$

де V – об’єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (4.4)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

n – кількість робітників, люд

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об’єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професій-ний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка деталей до місця монтажу	т	1,950	3	0,7312	0,243	3	робітник4 р.-1 Зр.-1 1 водій
2	Розмітка місць прокладання газопроводів [30]	100 м	0,19853	1,3	0,03226	0,0107	3	Монтажн. 5р.-1, Зр.-2

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Прокладання газоходів діаметром 450 мм [30]	100 м	0,150	207,4	3,888	1,296	3	ел.зв. бр.-1,5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
4	Прокладання газоходів діаметром 500 мм [31]	100м	0,1449	207,4	3,756	1,252	3	ел.зв. бр.-1,5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
5	Встановлення автоматичної системи подачі палива RETRA [32]	шт	1	65,8	8,225	2,742	3	Монтажники 5р.-1,4р.-1, 3р.-1
6	Встановлення циклона марки ЦН-11 [31]	шт	1	252,8	31,6	5,26	6	Монтажники 5р.-2,4р.-2, 3р.-2
7	Ізоляція газоходів діаметром 450 мм [31]	10 м	0,3674	65,12	2,99	0,996	3	Монтажники 5р.-1,4р.-1, 3р.-1
8	Ізоляція газоходів діаметром 500 мм [31]	10 м	0,093	65,12	0,757	0,252	3	Монтажники 5р.-1,4р.-1, 3р.-1
9	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	0,19853	8,22	0,2039	0,0679	3	Слюсари. 5р,4р,3р-1

4.8 Визначення складу бригад

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів.

Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Двоє робітників, один водій.

Розмітка місць прокладання газоходів. Троє монтажників 5 розряду і 3 розряду.

Прокладання газоходів діаметром 450 мм . Двоє електрозварювальників 6 і 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Прокладання газоходів діаметром 450 мм . Двоє електрозварювальників 6 і 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Встановлення автоматичної системи подачі палива RETRA. Троє монтажників 5, 4, 3 розрядів.

Встановлення циклона марки ЦН-11. Шестеро монтажників 5, 4, 3 розрядів.

Ізоляція газоходів діаметром 450 мм. Троє монтажників 5, 4, 3 розрядів.

Ізоляція газоходів діаметром 500 мм. Троє монтажників 5, 4, 3 розрядів.

Робоча перевірка системи в цілому. Троє слюсарів 5, 4, 3 розрядів.

4.9 Організація робочих місць та побутових приміщень

До початку монтажно-збірних робіт встановлюється готовність будівлі до монтажу трубопроводів, приладів та обладнання.

Приймання об'єктів під монтаж відбувається актом встановленої форми, який підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи (майстер або виконроб) [46].

Перед тим як розпочати монтажні роботи на об'єкті, виконати наступні роботи, які фіксуються актом:

– пробити отвори в стінах і в перекриттях підготувати борозди і канали

для прокладки трубопроводів;

- оштукатурити інші ділянки стін в місцях прокладки трубопроводів;
- підготувати монтажні пройми для переміщення крупно габаритного обладнання, що підлягає монтажу;
- нанести на стінах фарбою відмітки чистої підлоги;
- підвести електричні лінії для підключення механізмів і інструментів;
- забезпечити освітленість робіт місць доступ до них робітників і можливість доставки матеріалів і виробів монтажного обладнання;
- виділити місце для складування матеріалів і обладнання [47].

4.10 Монтажне регулювання і здача системи в експлуатацію

Монтаж теплоенергетичного обладнання виконати в такій послідовності: розмітити місця установки обладнання; розмітити місця установки кріплень. Монтаж газоходів виконати в такій послідовності: розмітити вісі магістралей та установити підвіски і кронштейни; прокласти газоходи, вузли і заготовки по наміченим вісям; зібрати магістралі та приєднати до них монтажні вузли; вивірити та установити задані уклони; закріпити газоходи на опорах та підвісках [48].

Після виконання всіх монтажних робіт систему піддають випробуванням на герметичність. Випробування системи оформляють актом. Для приймання системи в експлуатацію пред'являють основні документи:

- акти, креслення і документи погоджень на додаткові роботи і зміни, допущені при монтажних роботах;
- акти на приховані роботи;
- акти випробувань окремих елементів (монтажних вузлів, пристроїв, обладнання) з доданням усіх паспортів;
- акти випробувань на герметичність мережі та на ефективність роботи обладнання (насосів, баків, пожежних кранів і т. п.).

Під час приймання перевіряють відповідність монтажу затвердженим проектом і міцність кріплень, роботу автоматики [49].

В актах приймання вказують всі зазначені дефекти та неполадки, відступи від затвердженого проекту, результати випробування устаткування і системи в цілому, якість виконаних робіт, наявність недоробок, термін для їх усунення.

Спеціалізовані експлуатаційні організації, спеціалізовані ремонтні цехи, забезпечені необхідними матеріалами, запасними деталями, обладнанням для потреб поточного ремонту внутрішніх санітарно-технічних систем, значно підвищують рівень технічної експлуатації будівель.

4.11 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт

Для того щоб виключити можливість виникнення нещасних випадків на заготівельних роботах та під час монтажу систем опалення необхідно суворо притримуватись правил техніки безпеки та протипожежної техніки. Всі працівники повинні пройти навчання по техніці безпеки по 8 - 10 годинній програмі. Користуючись трубними і гайковими ключами, не можна одягати обрізки труб на ручки ключів і використовувати металеві підкладки під губки ключів. Під час заповнення системи опалення теплоносієм і його випускання, під час випробування і налагодження, необхідно користуватись переносними освітлювачами напругою не вище ніж 12 В [50]. Переміщати і піднімати важкі елементи КУ потрібно за допомогою випробуваних і перевірених талей, лебідок, кранів тощо із застосуванням сталевих тросів з гайками. Електромережа повинна бути в справному стані. Людину, вражену електричним струмом необхідно якнайшвидше звільнити від дії струму, для чого слід виключити рубильник, а якщо це неможливо, то відірвати постраждалого від дроту чи предмета, що знаходиться під напругою. При цьому той, що надає допомогу, не повинен торкатися враженого голими руками : необхідно мати гумові рукавички та діелектричні калоші або стати на суху дошку та обмотати руки сухим одягом. Після цього постраждалому слід зробити штучне дихання. У випадку виникнення пожежі до прибуття пожежної команди слід використати всі засоби пожежогасіння. Для попередження пожежі на

місці монтажних робіт або в заготівельній майстерні необхідно обережно поводитись з вогнем та виконувати всі протипожежні заходи. Палити можна лише в спеціально відведених місцях. Вогнебезпечні матеріали слід зберігати в спеціальних приміщеннях [51].

5 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Характеристика технологічного процесу

Котельня призначена для опалення житлових будинків. На котельні встановлені два котла: КОЛВІ-1,5 працює на природному газі, та ТИРАС-600 котел який працює на твердому паливі, пелетах.

Горіння - це процес хімічної реакції сполук горючих елементів газу з киснем, яке сприяло підвищенню температури і відбувається з виділенням тепла. Процес горіння газоподібного палива складається з утворення горючої суміші, нагріванні її до температури спалаху та горіння [52]. До пальнику котла підводяться газ і повітря. Повітря подається дуттєвих вентилятором. Горюча суміш, яка утворилась в пальнику, запалюється та віддає тепло в топку. В результаті процесу горіння утворюються газоподібні продукти - димові гази. Їх відсмоктує димосос, а потім викидає в атмосферу. Спалювання здійснюється смолоскиповим способом. При спалюванні газового палива необхідно забезпечити: гарне попереднє перемішування газу з повітрям, ведення процесу з малими надлишками повітря, поділ потоку суміші на окремі струмені. Підігрів газоповітряної суміші і хімічна реакція горіння протікають дуже швидко. Основним фактором тривалості горіння є час, витрачений на перемішування газу з повітрям в пальнику. Для процесу горіння димососом створюється необхідне розрядження і забезпечується повне видалення продуктів згоряння. Якщо досягти співвідношення витрати повітря відповідно до подачею палива, процес спалювання буде здійснюватися з максимальною економічністю[53].

5.2. Характеристика технологічного обладнання

Котел "Колві" - це стаціонарний жаротрубний котел, в якому продукти згоряння палива проходять всередині труб поверхні нагрівання, а вода зовні. Котел "Колві" призначений для нагріву води в системах водогрійної котельні.

Залежно від того, яким палинкових пристроїв буде укомплектований котел, він може працювати на наступнихвидах палива:

- рідке паливо (мазут, дизельне паливо);
- природний газ;

Область застосування: стаціонарні і транспортабельні опалювальнікотельні закритих систем теплопостачання.Котел являє собою горизонтально розташовану циліндричну збірнозварну конструкцію, що складається з корпусу з топкою, дверцята топки , коробка димових газів , теплоізоляції і декоративного облицювання. на верхнійутворює корпусу розташовані патрубки підведення і відведення води з фланцями,два патрубка для установки запобіжних клапанів. У нижній частині корпусузнаходиться дренажний штуцер із зовнішнім різьбленням. [54].

Варіант встановлення котла ТИРАС-600 який працює на пеллетах має значні переваги, так як замість палива можливе використання деревних гранул, також можливість змінювати і програмувати режими, автоматичне виключення системи в результаті збільшення температури вище заданої, можливість застосування обладнання в найрізноманітніших варіаціях, наявність багатоступінчастого захисту, який гарантує максимальну пожежо- та вибухобезпеку, підвищений коефіцієнт корисної дії 87-97 %, низькі затрати на експлуатацію , при цьому не потрібні додаткові затрати на технічне обслуговування (очищення золи відбувається приблизно раз на місяць), період експлуатації при грамотній роботі складає близько 25 років, не значні габарити котла. Не дивлячись на те, що дане обладнання вважається відносно новим типом опалювального пристрою, воно завойовує популярність серед європейських країн. Також при встановленні даного котла необхідно використовувати площу під зберігання палива, тобто пеллет, та наймати додаткового робітника для загрузки пеллет в котел.

Котельня забезпечує відпуск води з температурою 95 °С для потреб системи опалення. На виході із котла встановлений запобіжний клапан. Для зливу води із котлів передбачений дренажний трубопровід. Водопостачання котельні і

пожежного резервуару здійснюється з водопроводу. Система опалення живиться від водогрійної котельні. Згідно розрахунку потужність системи опалення $Q_{оп} = 1,25$ МВт, система замкнута, температура мережної води на виході з котельні 95°C , температура мережної зворотної води 70°C , Температура зовнішнього повітря мінус 21°C .

5.3 Характеристика застосованих в процесі матеріалів

Продукти які утворюються під час роботи котельні – вода, газ, сажа. Зовнішня низькотемпературна корозія виникає в результаті утворення на поверхнях нагріву крапель або плівки вологи вступає в реакцію з металеву поверхнею. Волога з'являється на поверхнях нагріву в процесі конденсації водяної пари з димових газів внаслідок низької температури води (повітря) і відповідно низьку температуру стінки. Температура точки роси, при якій проходить конденсація водяної пари, залежить від виду палива, що спалюється, його вологості, коефіцієнта надлишку повітря, від величини парціального тиску водяної пари в продуктах згорання. Виключити появу низькотемпературної корозії на поверхнях нагріву можливо в тому випадку, коли температура поверхні з боку газового середовища буде на 5°C вище температури точки роси[55]. Така величина температури точки роси відповідає температурі конденсації чистої водяної пари і з'являється при спалюванні палива. Економічність і надійність роботи системи підігріву води водогрійного котла, залежить від витрати теплоносія через рециркуляцію. При збільшенні подачі насосом збільшується температура води, що надходить в котел, також збільшується температура газів, що відходять, а значить, знижується ККД котла. Витрата електроенергії на привід рециркуляційного насоса в цьому випадку зростає. Інструкціями з експлуатації водогрійних котлів пропонується регулювати роботу системи нагріву теплофікаційної води таким чином, щоб температура води на вході в котли при спалюванні природного газу не опускалася нижче 60°C . Ця вимога знижує економічність їх роботи, оскільки протикорозійні заходи підтримки температури стінок поверхонь нагріву можна

забезпечити, якщо температура буде і нижче 60°C . Але при цьому необхідно враховувати в розрахунках температуру стінок поверхні нагрівання. Аналіз проведення такого роду розрахунків показує, що, наприклад для водогрійних котлів, що працюють на природному газі, при температурі газів 140°C температуру води на вході в котел потрібно підтримувати не менше 40°C , тобто нижче 60°C , яку пропонують інструкції. Таким чином, змінивши режим роботи водогрійних котлів можна економити теплову та електричну енергію в умовах відсутності низькотемпературної корозії металевих поверхонь водогрійних котлів[56].

Пуск газу в газопровід котла після консервації або ремонту повинен проводитися при ввімкнених в роботу димососах, дуттєвих вентиляторах, димососах рециркуляції в послідовності, зазначеної у виробничій інструкції по експлуатації котла. Продувати газопроводи котла через трубопроводи безпеки або через газопальникові пристрої котла не допускається. Перед розпалюванням котла з холодного стану повинна бути проведена при включених в роботу тягодуттєвих механізмах передпускова перевірка щільності закриття пристроїв, що відключають перед пальниками котла, включаючи ПЗК котла і пальників. При виявленні негерметичності затворів пристроїв, що відключають розпалювання котла не допускається. Безпосередньо перед розпалюванням котла і після його зупинки топка, газоходи відведення продуктів згоряння котла, системи рециркуляції, а також закриті об'єми, в яких розміщені колектори ("теплий ящик"), повинні бути провентильовані з включенням всіх димососів, дуттєвих вентиляторів і димососів рециркуляції протягом не менше 10 хвилин при відкритих шиберах (клапанах) газоповітряного тракту і витраті повітря не менше 25% від номінального. Вентиляція котлів, що працюють під наддувом, а також водогрійних котлів при відсутності димососа повинна здійснюватися при ввімкнених дуттєвих вентиляторах і димососах рециркуляції. Розпалювання котлів повинна проводитися при працюючих дуттєвих вентиляторах і димососах (де передбачені). Перед розпалюванням котла, якщо газопроводи перебували не під надлишковим тиском, слід визначити вміст кисню в газопроводах котла. При

вмісті кисню більше 1% за обсягом розпалювання пальників не допускається. Розпалювання котлів, всі пальники яких обладнані ЗЗК і ЗЗП, може починатися з розпалювання будь-якого пальника в послідовності, зазначеної в інструкції по експлуатації котла. Незаймистості (згасанні) першої розтоплюють пальника повинна бути припинена подача газу на котел і пальник, вимкнений його ЗЗП і провентильовані пальник, топка і газоходи відповідно до вимог цих Правил, після чого розпалювання котла може бути відновлена на інший пальнику. Повторне розпалювання першої розтоплюють пальника повинен проводитися після усунення причин її незагорання (згасання). У разі незагорання (згасання) факела другий або наступних розтоплюють пальників (при стійкому горінні першої) повинна бути припинена подача газу тільки на цей пальник, вимкнений його ЗЗП і проведена її вентиляція при повністю відкритого запірною пристрою на повітропроводі до цієї пальнику. Повторний її розпал можливий після усунення причин її незагорання (згасання). При згасанні під час розпалювання всіх включених пальників повинна бути негайно припинена подача газу на котел, відключені їх ЗЗП і проведена вентиляція пальників, топки, газоходів згідно з вимогами цих правил. Повторна розпалювання котла повинна проводитися після з'ясування та усунення причин згасання факелів пальників. Порядок переведення котла з пиловугільного або рідкого палива на природний газ повинен визначатися виробничою інструкцією по експлуатації котла, затвердженої головним інженером (технічним директором) організації. При багатоярусної компонуванні пальників першими повинні переводитися на газ пальники нижніх ярусів. Перед плановим переведенням котла на спалювання газу повинна бути проведена перевірка спрацювання ЗЗК і працездатності технологічних захистів, блокування і сигналізації систем газопостачання котла з дією на виконавчі механізми або на сигнал в обсязі, що не перешкоджає роботі котла.

Подача газу в газопроводи котла повинна бути негайно припинена оперативним персоналом у випадках:

- неспрацювання технологічних захистів;

- вибуху в топці, газоходах, розігріву (візуально) несучих балок каркасу або колон котла, обваленні обмурівки;
- пожежі, яка загрожує персоналу, устаткуванню або ланцюгах дистанційного керування, що входять в схему захисту котла;
- зникнення напруги на пристроях дистанційного і автоматичного управління або на всіх контрольно-вимірювальних приладах;

При аварійній зупинці котла необхідно припинити подачу газу на котел і всі пальники котла, відкрити пристрої, які вимикають на трубопроводах безпеки. При необхідності слід відкрити пристрої, що вимикають на продувних газопроводах і провентилювати топку та газоходи відповідно до вимог правил. При плановій зупинці котла для переключення в режим резерву повинна бути припинена подача газу до котла, пальників, ЗЗП з подальшим їх відключенням; відкриті пристрої, що вимикають на трубопроводах безпеки, а при необхідності і на продувних газопроводах, проведена вентиляція топки і газоходів. Після закінчення вентиляції тягодуттьові машини повинні бути відключені, закриті лази, люки, шибер (клапану) газоповітряного тракту і напрямні апарати тягодуттьових машин[57].

5.4 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі

Вхідні продукти – вода, повітря, газ. Готовий продукт – гаряча вода. Вода – рідина, що не має кольору та запаху. Хімічна формула – H_2O . Вода, що надходить в котел, проходить хімічну очистку та деаерацію, і не повинна містити солі, газу. Основні показники води після очищення, яка надходить в котел: жорсткість не більше 20 мкг. екв / кг, солевміст 245 мг / кг, лужність $pH = 7$, вміст вуглекислоти не допускається, вміст O_2 до 30 мкг / кг, густина $\rho = 1006,7 \text{ кг/м}^3$. Готовим продуктом є вода з температурою $95^\circ C$. Ця вода використовується для опалення [58]. З метою безпечної роботи котельного устаткування використовують систему з пристроями для реєстрації та контролю параметрами, даний контроль є необхідним при запуску та безпечної експлуатації теплотехнологічних

установок. Будь-які відхилення певних параметрів призводять до аварійного стану які супроводжуються світловими та звуковими сигналами.

5.5 Регулювання прямої мережної води

Автоматичне регулювання температури прямої мережної води до температури навколишнього середовища здійснюється наступним чином : подаються сигнали на контролер (3) з датчика температури навколишнього середовища (TE 1) та датчика температури який встановлено на трубопроводі (TE 2) по якому подається мережна вода до споживача, отримані імпульси подаються на регулятор (3) який змінює витрату подачі палива. Схема автоматизації наведена на рисунку 5.1

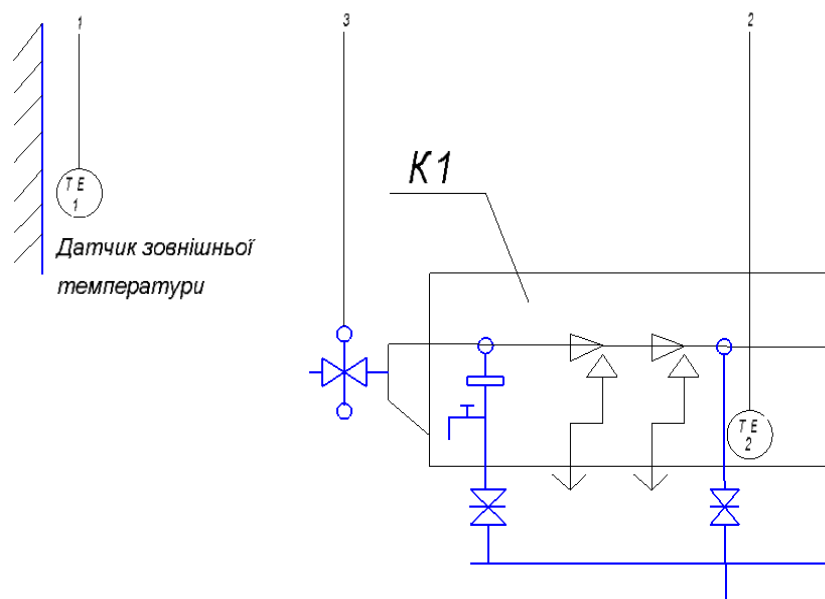


Рисунок 5.1 – Схема автоматизації регулювання температури прямої води : K1 – водогрійний котел, TE 1 – датчик температури зовнішнього повітря, TE 2 – датчик температури прямої мережної води, 3 – виконавчий механізм

5.6 Регулювання температури на вході в котел

Для регулювання зворотної мережної води на вході в котел використовується триходовий клапан. Використовується прилад для вимірювання та показу температури (G1 46) з якого сигнал подається на регулюючий механізм триходового клапана (H 47), після чого спрацьовує електромагнітний пускач (NS 45) який підмішує воду в зворотному трубопроводі (рисунок 5.2).

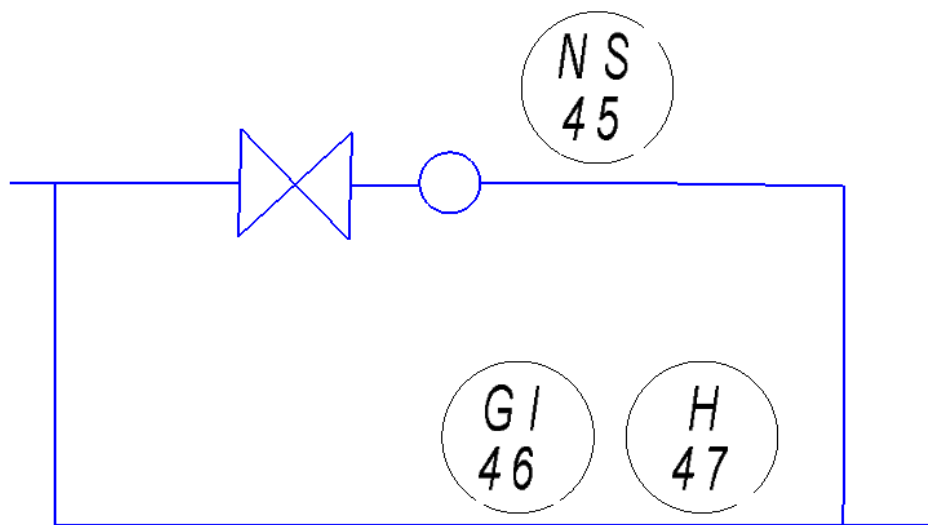
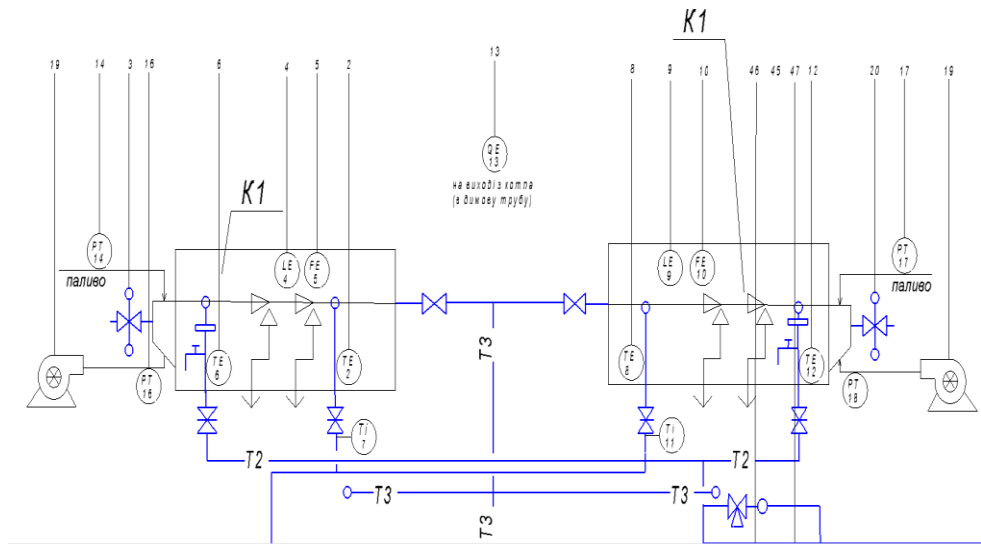


Рисунок 5.2 – Регулювання температури на виході з котла G1 46 - прилад для вимірювання та показу температури, H 47 - регулюючий механізм, NS 45 - електромагнітний пускач

5.7 Автоматичне регулювання співвідношення паливо – повітря

Система автоматичного регулювання паливо – повітря являється регулятором економічності котла, тобто основним завданням є в підтриманні максимального значення коефіцієнта корисної дії котла. Подачу повітря і палива в котел необхідно здійснювати в певному співвідношенні: недостатня, або, навпаки, зайва подача повітря може знизити ККД котла. Тому САР паливо – повітря виконується наступним чином : виконується аналіз складу газів на виході з топки котла , аналізуються дані по витраті палива (природного газу) та витраті повітря яке надходить з вентилятора в топку котла (рисунок 5.3).



	4	5	6	2	7	13	14	16	18	8	9	10	11	12	13	17	18	19	
Місцеві прилади	рівень, шимркованія	дріб., шимркованія	темпер., шимркованія	темпер., шимркованія	темпер., шимркованія	конфет., вимір	виск., шимркованія	вентильатор	виск., шимркованія	темпер., шимркованія	рівень, шимркованія	дріб., шимркованія	темпер., шимркованія	темпер., шимркованія	конфет., вимір	виск., шимркованія	вентильатор	виск., шимркованія	
Прилади управління котла (головний контроллер)	Контролер 1									Контролер 2									

Рисунок 5.3 – Автоматичне регулювання співвідношення паливо – повітря

5.8 Розрахунок регулюючого органу

Мета розрахунку: визначення умовної пропускної здатності; визначення діаметра умовного проходу d_y ; вибір конкретного триходового клапана (рис.5.4) [59].

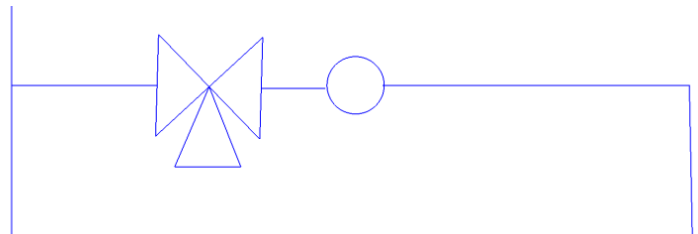


Рисунок 5.4 – Зображення виконавчого пристрою

Вхідні дані для розрахунку клапана:

- робоче середовище – вода;
- об'ємна витрата $V_v = 0,83 \text{ м}^3/\text{год}$;
- втрати тиску в системі, що регулюється $\Delta P_{\text{сист}} = 50 \text{ кПа}$;
- температура води за умови нормальної роботи системи :
- на вході в теплообмінник $t_1' = 95 \text{ }^\circ\text{C}$;
- на виході з теплообмінника $t_1'' = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Перепад тисків на клапані вибирається таким чином, щоб його авторитет по відношенню до сумарної втрати тиску на системі і клапані склав не менше ніж 0,5 тобто

$$a = \frac{\Delta P_{\text{кл}}}{\Delta P_{\text{кл}} - \Delta P_{\text{сист}}} \geq 0,5, \quad (5.1)$$

Або ж $\Delta P_{\text{кл}} \geq \Delta P_{\text{сист}}$.

При авторитеті $a=0,5$ згідно вхідних даних приймається, що $\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{сист}} = 50 \text{ кПа}$ (0,5 бар). За номограмою [60] на основі заданої витрати і прийнятого перепаду тисків на клапані може бути вибраний клапан $K_{\text{зм}} = 0,63$ або $1 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для першого варіанту тиску в повністю відкритому складають 101 кПа і авторитет

$$a = \frac{101}{101 + 50} = 0,66 .$$

Для другого варіанту втрати тиску в повністю відкритому клапані складають 42 кПа і авторитет при цьому рівний

$$a = \frac{42}{42 + 50} = 0,456 .$$

Оскільки у другому варіанті авторитет клапана складає менше 0,5, то для встановлення приймається клапан по першому варіанту з $K_{\text{зм}} = 0,66 \text{ м}^3/\text{год}$ з авторитетом 0,66 DunfossVRG3 умовний діаметр якого 15 мм призначений для роботи в середовищах з температурою від мінус $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до плюс $130 \text{ }^\circ\text{C}$.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджується енергоефективність водогрійної котельні. Система діагностування зібрана на сучасній елементній базі, має високі технологічні та функціональні можливості. Розроблений пристрій дозволяє здійснювати дистанційну діагностику енергоефективності спалювання різних видів палива в онлайн режимі. Згідно ГОСТ 12.003-74 при роботі системи дистанційного діагностування енергоефективності спалювання різних видів палива в онлайн режимі на оперативний персонал (рисунок 6.1) впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;

2) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

6.1.1 Вимоги до організації робочого місця оператора системи дистанційного діагностування

Площа одного робочого місця оператора, обладнаного ПК, повинна складати не менше 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 .

Конструкція робочого місця оператора повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки ГОСТ 12.2.032. ССБТ. “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, ДНАОП 0.00-1.31-99, ДСанПіН 3.3.2.007-98, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою “миша”, принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей).

На рисунку 6.1 показано розміщення робочого місця оператора системи дистанційного діагностування енергоефективності спалювання різних видів палива.

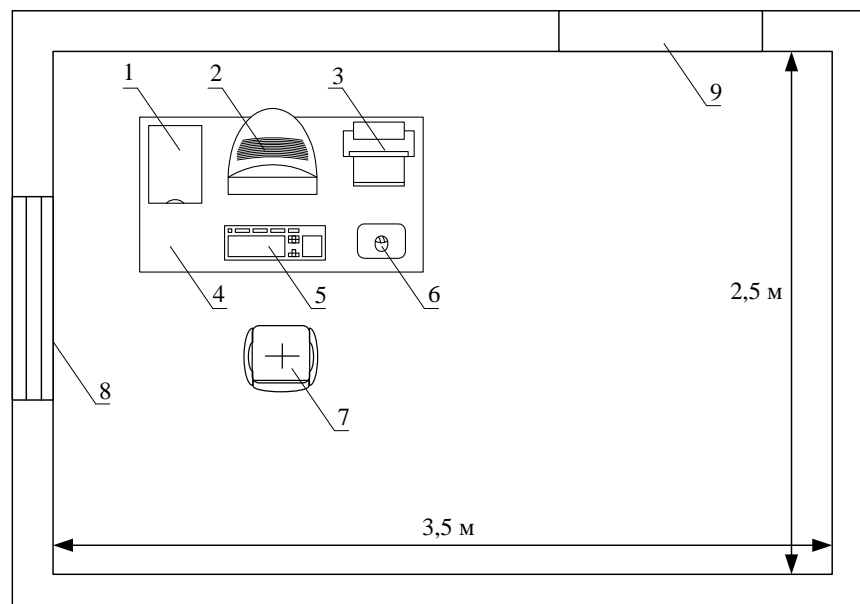


Рисунок 6.1 – Розміщення робочого місця оператора системи дистанційної діагностики енергоефективності спалювання різних видів палива

На рисунку 6.1 : 1 – сканер, 2 – монітор, 3 – принтер, 4 – поверхня робочого столу, 5 – клавіатура, 6 – маніпулятор типу «миша», 7 – стілець, 8 – вікно, 9 – двері.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній

площині під кутом $\pm 30^0$ від лінії зору, площина екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

При оперативному обслуговуванні системи тепловізійного діагностування потрібно дотримуватися наступних правил безпеки:

- оператор повинен візуально обстежити обладнання конвеєра у відповідності з інструкцією з технічної експлуатації та переконатися у його повній справності;
- забороняється експлуатація обладнання з несправною системою керування та звуко/світловою сигналізацією (для ремонту потрібно залучити фахівців спеціалізованої організації);
- забороняється керування вологими та забрудненими олівами руками;
- всі роботи з наладки та експлуатації здійснюються справним і сертифікованим інструментом.

6.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення водогрійної котельні здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі 380 x 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю у виробничих приміщеннях струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При

його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх

затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Крім того, між людиною та навколишнім середовищем відбуваються процес безперервного теплового обміну, при цьому слід враховувати, що незалежно від температури навколишнього середовища температура людини залишається постійною – 36,5-37 С. вологість в свою чергу значно впливає на терморегуляцію організму людини.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора лінії передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях

можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

6.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку. Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні.

При періодичному нагляді за ходом виробничого процесу освітленість повинна складати не менше 50 лк. Оскільки в приміщенні знаходяться вимірювальні прилади та система управління, то освітленість повинна складати 300 лк. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення кабіни оператора забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечери постає проблема в штучному освітленні. Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці

оператора. Приміщення відноситься до IV розряду зорової праці, тобто розряду середньої точності. Наведено норми при штучному та комбінованому освітленні в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Норми освітленості при штучному освітленні та КЕО

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта, розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КЕО, e_n , %	
						Штучне освітлення		Природне освітлення	Сумісне освітлення
						Комбіноване	Загальне		
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12
Середня точність	Вище 0,5 до 1	I V	б	малий середній	середній темний	500	200	1,5	0,9

В приміщенні дільниці, особливо в зимовий період, коли світлий день досить короткий, природного освітлення може бути недостатньо, тому використовується місцеве штучне освітлення. Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами, що живляться від мережі 220 В.

Освітлення нормується коефіцієнтом освітлення (КПО) або e :

$$e_n = e_n \cdot m_n, \quad (6.1)$$

де m_n – коефіцієнт світлового клімату;

e_n – значення КПО;

N - номер групи забезпеченості природнім світлом. Орієнтація вікон на південь.

Для бокового освітлення:

$$e_n = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4.$$

Для сумісного освітлення:

$$e_n = 1,0 \cdot 0,9 = 0,9.$$

Для забезпечення нормативного значення e_n передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме ламп розжарювання;
- необхідна кількість природного світла (великі вікна);
- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях із значним виділенням пилу, диму та кіптяви - не рідше чотирьох разів на місяць згідно з графіком.

Здійснено вибір освітлювального пристрою, результат даної операції зображено на в таблиці 6.5

Таблиця 6.5 – Вибір освітлювального пристрою

Тип світильника	Лампи світлодіодні
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність лампи	До 200
ККД	0,6
Найменша висота підсвітки	Будь-яка
Рекомендації по використанню світильників	Для освітлення вертикальних поверхонь пультів управління та інших приладів

6.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (6.2)$$

де L – рівень шуму, дБ;

P – звуковий тиск, Па;

U_0 – коливальна швидкість ($U_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с);

P_0 – нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (див. таблицю 6.6).

Таблиця 6.6 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань. У цеху водогрійної котельні присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються сама лінія та вентилятори, які відносяться до типу загальної вібрації. Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;

- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року. Умов праці оператора системи дистанційної діагностики енергоефективності спалювання різних видів палива за показниками важкості праці для категорії Ia: При регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба) для чоловіків клас умов праці допустимий (середньої важкості) до 45 Вт. Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну для чоловіків складає до 15 кг, що є оптимальними умовами праці. Статичне навантаження, величина статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу, докладанні зусиль складає 36000 кг/с для чоловіків що є оптимальним. Робоча поза є оптимальна: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни. Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом, протягом зміни) складає до 4 км по горизонталі та до 2 км по вертикалі.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка можливих наслідків вибуху газу в разі аварії в котельні на котлі КОЛВІ-1500

6.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші

Густина газу при розрахунковій температурі $t_p = 25$ °С визначається за формулою:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{M}{V_o \times (1 + 0,00367 t_p)} = \frac{16}{22,413(1 + 0,0036 \cdot 25)} = 0,65 \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-3}\text{)},$$

де M – молярна маса речовини;

V_o – мольний об'єм, що дорівнює $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36,$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 1 + \frac{4}{4} = 2$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції

згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

$n_c=1$, $n_H=4$, $n_o=0$, $n_x=0$ – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР (робоче паливо – газ метан).

Об'єм газу, що вийшов з апарата

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 600 \cdot 2,75 = 16,5 \text{ (м}^3\text{)},$$

де $P_1=600$ – тиск в апараті, кПа (згідно техпаспорта котла);

$V = 2,75$ – об'єм апарата (згідно техпаспорта котла), м^3 ;

P_0 – атмосферний тиск, що дорівнює $101,3$ кПа.

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_{\Gamma} = V_{1\Gamma} + V_{2\Gamma} = 2,35 + 2,14 = 4,49 \text{ (м}^3\text{)},$$

де $V_{1\Gamma}$ – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання, м^3 ;

$V_{2\Gamma}$ – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м^3 .

$$V_{1\Gamma} = q \times \tau = 0,047 \cdot 50 = 2,35 \text{ (м}^3\text{)},$$

де $q=0,047 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ – витрата газу при максимальному навантаженні, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у

трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо(згідно техпаспорта котла);

$\tau = 60$ с – час перекривання у автоматичному режимі

$$V_{2T} = 0,01\pi \cdot P_2(r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 0,035 \cdot 7,8 = 2,14 (\text{м}^3),$$

де $P_2 = 250$ – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа;

$r_1 = 0,035$ – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$L_1 = 7,8$ – загальна довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м;

$P_0 = 101,3$ – атмосферний тиск, кПа.

Масу газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії, визначаємо за формулою:

$$m_{\Gamma} = (V_a + V_T) \cdot \rho_{\Gamma} = (16,5 + 4,49) \cdot 0,65 = 13,64 (\text{кг}),$$

Надлишковий тиск вибуху ΔP для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= (900 - 101) \cdot \frac{13,64 \cdot 0,5 \cdot 100}{585 \cdot 0,65 \cdot 9,36 \cdot 3} = 78,6 (\text{кПа}), \end{aligned}$$

де P_{\max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі (приймається 900 кПа);

P_0 – початковий тиск, кПа (приймається 101 кПа);

m – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, яку визначають для ГГ за формулою (4);

$Z = 0,5$ – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення;

$V_{\text{вільн}} = 585$ – вільний об'єм приміщення, м³ (згідно завдання);

K_n – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається $K_n = 3$).

6.3.2 Визначення розмірів зони поширення полум'я

Горизонтальні розміри зони, м, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ($C_{\text{НКМП}}$)

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\text{НКМП}}} \right)^{0,333} = 14,5632 \cdot \left(\frac{13,64}{0,65 \cdot 14} \right)^{0,333} = 16,7 \text{ (м)},$$

де m_{Γ} – маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг;

ρ_{Γ} – густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$C_{\text{НКМП}}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ 14 % (об.).

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо. У всіх випадках значення $R_{\text{НКМП}}$ повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

6.3.3 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м, визначаємо за формулою:

$$D_s = 5,33 \text{ м}^{0,327} = 5,33 \cdot 13,64^{0,327} = 12,5 \text{ (м)}.$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s / 2 = 12,5 / 2 = 6,25 \text{ (м)}.$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с, визначаємо за формулою

$$t_s = 0,92 \text{ м}^{0,303} = 0,92 \cdot 13,64^{0,303} = 2 \text{ (с)}.$$

Відстань від зовнішніх меж кулі до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі»

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{12,5^2 + 6,25^2} = 10,8 \text{ (м)}$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned}\psi &= \exp \left[-7 \times 10^{-4} \times (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2) \right] = \\ &= \exp \left[-7 \times 10^{-4} \times \left(\sqrt{(10,8^2 + 6,25^2)} - 12,5 / 2 \right) \right] = 0,99.\end{aligned}$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$\begin{aligned}F_q &= \frac{H/D_s + 0,5}{4 \times \left[(H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2 \right]^{1,5}} = \\ &= \frac{6,25/12,5 + 0,5}{4 \times \left[(6,25/12,5 + 0,5)^2 + (10,8/12,5)^2 \right]^{1,5}} = 0,107,\end{aligned}$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,107 \cdot 0,99 = 47,7 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2}\text{)},$$

де E_f – середньповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я, кВт·м⁻², величину E_f приймаємо рівною 450 кВт·м⁻².

Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії надмірний тиск ударної хвилі буде достатнім для сильного руйнування котельні, тому в котельні необхідно:

- забезпечити дотримання норм експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витоку газу з трубопроводів;
- робоче місце оператора розмістити за межами зони поширення полум'я;
- спроектувати конструкцію будівлі так щоб надмірний тиск ударної хвилі компенсувався за рахунок руйнування даху та віконних прорізів;
- запобігти розміщення в зоні поширення полум'я речовин, що можуть спалахнути за розрахованої інтенсивності теплового випромінювання;
- забезпечити виконання всіх внутрішніх норм і інструкцій безпеки.

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ

7.1 Розрахунок техніко-економічних показників котельні

Тривалість роботи котельні в трьох режимах :

- максимально зимній $\tau_{мз} = 30$ год/рік;
- середньо опалювальний $\tau_{со} = 4246$ год/рік;
- річна тривалість роботи $\tau_p = 4276$ год/рік.

Річна витрата робочого палива[61]

$$B_p = (B_{pзг}^{мз} \cdot \tau_{мз} + B_{pзг}^{со} \cdot \tau_{со}) \cdot 3,6, \quad (7.1)$$

$$B_p^{річ} = (0,03899 \cdot 30 + 0,0189 \cdot 4246) \cdot 3,6 = 293,12 \text{ (тис.м}^3\text{/рік)}.$$

Річна витрата умовного палива

$$B_y^{річ} = \frac{B_p^{річ} \cdot Q_H^p}{Q_{чу}^p}, \quad (7.2)$$

$$B_y^{річ} = \frac{293,12 \cdot 34,842}{29,3} = 348,56 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{річ} = (Q_{оп}^{мз} \cdot \tau_{мз} + Q_{оп}^{со} \cdot \tau_{со}) \cdot 3,6, \quad (7.2)$$

$$Q_{річ} = (1,25 \cdot 30 + 0,607 \cdot 4246) \cdot 3,6 = 9413,35 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Питомі витрати робочого та умовного палива

$$b_p = \frac{B_p^{річ}}{Q_{річ}}, \quad (7.3)$$

$$b_p = \frac{348,56 \cdot 10^3}{2614,8} = 133,3 \text{ (м}^3\text{/ГДж)}.$$

Витрати електроенергії

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{МЗ}} \cdot \tau_{\text{МЗ}} + N_{\text{ВП}}^{\text{СО}} \cdot \tau_{\text{МЗ}}, \quad (7.4)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = 21,31 \cdot 30 + 11,625 \cdot 4246 = 49999,05 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Витрати на електроенергію

$$C_{\text{ел}} = N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} \cdot C_{\text{е}}, \quad (7.5)$$

де $C_{\text{е}}$ – ціна електроенергії, $C_{\text{е}} = 1,98$ (грн/(кВт·год)).

$$C_{\text{ел}} = 1,98 \cdot 49999,05 = 98998,12 \text{ (грн/рік)}.$$

Затрати на заробітну плату

$$C_{\text{з.п}} = Q_{\text{к}} \cdot K_{\text{шт}} \cdot \Phi_{\text{з.п}} \cdot k_{\text{дод}}, \quad (7.6)$$

де $\Phi_{\text{з.п}} = 4500$ грн./місяць заробітна плата працівника.

$$C_{\text{з.п}} = 3 \cdot 4500 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 1,33 = 17236 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на паливо

$$C_{\text{п}} = V_{\text{річна}} \cdot C_{\text{пал}}, \quad (7.7)$$

де $V_{\text{річна}}$ – річна витрата палива, $\text{м}^3 / \text{рік}$;

$C_{\text{пал}}$ – ціна палива, $10,042$ грн / м^3 .

$$C_{\text{п}} = 293,12 \cdot 10^3 \cdot 10,042 = 2943511,04 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = G_{\text{річ}} \cdot C_{\text{в}}, \quad (7.8)$$

де $G_{\text{річ}}$ – річна витрата води, $\text{м}^3 / \text{рік}$;

$C_{\text{в}}$ – ціна води, $7,70$ грн / м^3 .

$$G_{\text{річ}} = (G_{\text{підж}}^{\text{МЗ}} \cdot \tau_{\text{МЗ}} + G_{\text{підж}}^{\text{СО}} \cdot \tau_{\text{СО}}) \cdot 3600, \quad (7.9)$$

$$G_{\text{річ}} = (0,001193 \cdot 30 + 0,001207 \cdot 4246) \cdot 3600 = 18578,56 \text{ (м}^3 / \text{рік)}.$$

Тоді

$$C_{\text{в}} = 18578,56 \cdot 7,70 = 143054,91 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на амортизацію[62]

$$C_{ам} = k \cdot H_a, \quad (7.10)$$

де k – загальні капіталовкладення, які в даній котельні приймаємо 0,9 млн.грн.

$$C_{ам} = 0,9 \cdot 0,07 = 0,063 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{пр} = 0,2 \cdot C_{ам}, \quad (7.11)$$

$$C_{пр} = 0,2 \cdot 0,063 = 0,0126 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{інші} = 0,06 \cdot (C_n + C_{ел} + C_v + C_{з.п} + C_{ам} + C_{пр}), \quad (7.12)$$

$$C_{інші} = 0,06 \cdot (2943511,04 + 98998,12 + 143054,91 + 17236 + 63000 + 12600) = \\ = 196704 \text{ (грн/рік)}.$$

Експлуатаційні витрати

$$C_e = C_{інші} + C_n + C_v + C_{ел} + C_{з.п} + C_{ам} + C_{пр}, \quad (7.13)$$

$$C_e = 196704 + 143054,91 + 2943511,04 + 98998,12 + 17236 + 63000 + 12600 \\ = 3475104,07 \text{ (грн/рік)}.$$

Собівартість відпущеної теплоти

$$CB = C_e / Q_{річне}, \quad (7.14)$$

$$CB = 3475104,07 / 9413,35 = 369 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Ефект від продажу теплоти

$$E = Q_{річне} \cdot Ц_{теп}, \quad (7.15)$$

$$E = 9413,35 \cdot 350 = 3530,0062 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

5.2 Встановлення твердопаливного котла ТИРАС-600 [63]

Аналіз котла ТИРАС потужністю 600 кВт з автоматичною подачею палива:

Річне виробництво теплоти

$$Q_{\text{річне}}^{\text{теп}} = 10387508 \text{ (МДж/рік)}$$

Витрата робочого палива на опалення

$$\text{пелет } V_p = 567833 \text{ (кг/сезон),}$$

$$\text{природного газу } V_p = 49683,4 \text{ (м}^3\text{/сезон),}$$

Витрата електроенергії

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = 150 \cdot 30 + 32,224 \cdot 4246 = 141323,104 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Витрати на електроенергію

де ціна електроенергії 1,98 грн/(кВт·год)

$$C_{\text{ел}} = 1,98 \cdot 141323,104 = 279819,75 \text{ (грн/рік)}.$$

Затрати на заробітну плату

де $\Phi_{\text{з.п}}$ = 4500 грн./місяць – заробітна плата працівника

$$C_{\text{з.п}} = 4 \cdot 4500 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 1,33 = 229824 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на паливо

де $V_{\text{річна}}$ – річна витрата палива, м³ / рік ;

$C_{\text{пал}}$ – ціна палива, газу 10,042 грн / м³, пеллет 3,23 грн / кг.

$$C_{\text{п}} = (567833 \cdot 3,23 + 49683,4 \cdot 10,042) = 2333021,3 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на воду

де $G_{\text{річ}}$ – річна витрата води, м³ / рік ;

C_v – ціна води, 7,70 грн / м³.

$$G_{\text{річ}} = (0,001193 \cdot 30 + 0,001207 \cdot 4246) \cdot 3600 = 18578,56 (\text{м}^3 / \text{рік}).$$

Тоді

$$C_v = 18578,56 \cdot 7,70 = 143054,91 (\text{грн./рік}),$$

Витрати на амортизацію

де k – загальні капіталовкладення, які в даній котельні приймаємо 1,2 млн.грн.

$$C_{\text{ам}} = 1,2 \cdot 0,07 = 0,084 (\text{млн.грн/рік}).$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 0,084 = 0,0168 (\text{млн.грн/рік}).$$

Інші витрати

$$C_{\text{інші}} = 0,06 \cdot (2333021,3 + 279819 + 143054,91 + 229824 + 16800 + 84000) \\ = 185191,2 (\text{грн/рік}).$$

Експлуатаційні витрати

$$C_e = 185191,2 + 2333021,3 + 279819,75 + 143054,91 + 229824 + 16800 + 84000 = \\ = 3271711,2 (\text{грн/рік}).$$

Собівартість відпущеної теплоти

$$CB = \frac{3271711,2}{10387,508} = 315 (\text{грн./ГДж}).$$

Ефект від продажу теплоти

$$E = 10387,508 \cdot 350 = 3635,628 (\text{тис.грн/рік}).$$

Термін окупності

де K_d – балансова вартість котлів на пелетах, 498950 грн;

$$T = \frac{996000}{3635628 - 3271711,2} = 2,7 \text{ (років)}$$

Отже, даний варіант модернізації котельні має термін окупності $T = 2,7$ (років), при встановленні котла на пелетах йде значна економія палива, не потрібно наймати додаткових робітників для догляду за котлом, паливо подаватиметься автоматично через шнек, і за способом транспортування є простим, при встановленні даного котла передбачається створення місця для зберігання пелет .

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено ефективність роботи водогрійної котельні, яка забезпечує опаленням житлові будинки.

Проведено аналітичний огляд літературної інформації про системи теплопостачання та водогрійні котельні на традиційному та альтернативному паливах.

Проведено дослідження показників роботи методом числового експерименту та оцінено енергоефективність водогрійної котельні. Енергоефективні режими роботи котельні визначались за допомогою розробленої математичної моделі. Дослідження ефективності заміщення природного газу деревними пелетами на водогрійній котельні показало, що заміщення 48% встановленої потужності котельні альтернативним паливом (пелетами) призводить до зменшення споживання природного газу на 84,75%, собівартість теплової енергії на 23% та зменшення викидів CO на 2,4%.

Після проведеного дослідження кількості шкідливих викидів при спалюванні природного газу і пелет в твердопаливному котлі, результати розрахунків показали що при роботі котельні на природному газі значно менші ніж при роботі котельні (робота газового котла та пелетного котла в тандемі), окрім викидів оксиду вуглецю. Дана різниця є значною проте використання або перехід на альтернативні види палива надають зменшити використання природного газу вартість якого є високою. Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності водогрійної котельні (на прикладі котельні в місті Славута) із використання в якості палива пелет, що надає змогу зменшити використання природного газу для вироблення теплової енергії.

Розроблена тепла схема водогрійної котельні. В котельні встановлено газовий котел КОЛВІ потужністю 1500 кВт, твердопаливний котел ТИРАС потужністю 600 кВт, система опалення складає 1250 кВт. При роботі котла на пелетах ТИРАС – 600 у тепловій схемі котельні у м. Славута утворюється валовий викид золи при спалюванні деревних пеллет складе 11,36 т/рік. Для

зменшення викидів золи у навколишнє середовище передбачається встановлення циклонів. Використання циклону ЦН-11 (в даному випадку діаметр 750 мм) дозволить зменшити викиди до 0,17 т/рік. При встановленні циклона втрати тиску у циклоні становлять 1135,66 Па, це означає що величина втрат циклу може бути забезпечена димососами встановленими у котельні.

Проведено аналіз умов праці при виконанні монтажних робіт. В результаті виявлені основні небезпечні та шкідливі фактори та їх вплив на організм працюючих. Визначено склад і об'єми робіт, трудомісткість монтажу. Визначено загальний час виконання монтажних робіт $T_{\text{заг}} = 12,12$ днів, склад бригад, а також максимальну кількість людей, що будуть виконувати дану роботу.

Також було розроблено схему автоматизації водогрійної котельні. Описана характеристика об'єктів теплової схеми, було виконано обґрунтування величин як підлягають автоматизації, на базі розрахунків було підібрано необхідне регулююче обладнання. Було визначено параметри, при досягненні критичних параметрів яких повинна вмикатися сигналізація і будуть припинятися всі технологічні процеси.

Розроблено заходи з охорони праці та надзвичайних ситуаціях. Було проведено оцінку можливих наслідків вибуху газу в разі аварії в котельні на котлі КОЛВІ-1500.

Оцінка ж економічних показників роботи говорить про те, що собівартість виробництва теплоти в існуючій схемі складає 369 грн./ГДж, а в модернізованій – 315 грн./ГДж. Комплексне використання традиційних та альтернативних джерел енергії дозволяє на 22,5 % знизити собівартість виробництва теплоти, що дозволить окупити капіталовкладення у нове обладнання за 2,7 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Система теплопостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ru.teplowiki.org/wiki/>
2. Види систем теплопостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://engineeringsystems.ru/s/sistema-teplosnabjeniya.php>
3. Про енергетику [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-5/5-2>
4. Теплопостачання в місті [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://energoworld.ru/blog/sistemy-teplosnabzheniya/>
5. Автономні системи теплопостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/teplosnabzhenie-goroda.html>
6. Утилизаторы тепла дымовых газов [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://energetik.ua/catalog/dopomijne_obladnanne/utylizatory-ugv-i-eb/.
7. Утилизаторы тепла дымовых газов [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://energetik.ua/catalog/dopomijne_obladnanne/utylizatory-ugv-i-eb/.
8. Волковыский Е.Г., Шустер А.Г. Экономия топлива в котельных установках. М.: Энергия, 1973, 304 с. 3.
9. Канталинский В.П., Патракеева Е.А. Исследование способов утилизации тепла на производственном предприятии. Повышение эффективности работы энергетических установок // Международный сборник научных трудов, Калининград, 2002, с. 18 – 25.
10. Устройство циклонов и принцип их действия [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://xn--dtbwbd2a7e.xn--p1ai/cleaning-gas-boiler.html>

11. Циклоны для очистки дымовых газов [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://7-vz.com/category/ciklony-dlja-ochistki-dymovyh-gazov/>
12. Вплив шкідливих викидів при спалюванні палива [Електронний ресурс].
Режим доступу до ресурсу: – <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>
13. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. / Екологічні спекти виробництва енергії : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 80 с.
14. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : Підручник / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Малярєнко. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. – 232 с.
15. Стапанова Н.Д. Підвищення енергоекологічної ефективності комплексного використання традиційних та альтернативних палив для виробництва теплоти / Н. Д. Степанова, А. В. Гарбуз // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018.
16. Туинова Н. В., Афанасьєв Ю. О. Теплообмен при конденсации пара из дымовых газов. Ползуновский вестник. 2004. №1. С. 57 – 62.
17. Степанова Н. Д. Утилізація теплоти димових газів на водогрійних котельнях як напрямок енергозбереження / Н. Д. Степанова, Я С. Горовенко, А. В. Гарбуз. // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.2018/paper/view/5356/4374>
18. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Пресіч Г. О., Гнедаш Г. О. Теплові методи захисту газовідвідних трактів котельних установок під час застосування теплоутилізаційних технологій. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27. №6. С. 125 – 130.
19. Левченко Б. О. Тепло- і масообмінні апарати і установки промислових підприємств. Ч 1 / Б. О. Левченко – Харків: ХДПУ, 1999. – 420 с.

20. Аронов И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. Л.: Недра, 1990. 280 с.
21. Кудинов А. А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. Ульяновск: УЛГТУ, 2000. 139 с.
22. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посібн. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний , Д. В. Степанов – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137с.
23. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств : навч. посібн. / Д. В. Степанов, Є. С. Корженко, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 120 с.
24. Чепурний М. М. Теплові розрахунки парогенераторів / М. М. Чепурний, Д. В. Степанов, Є. С. Корженко . – Вінниця : ВНТУ, – 2005. -155 с.
25. Встановлення димової труби [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
26. Розрахунок висоти димової труби [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dompostroy.com.ua/iak-rozrakhuvaty-vysotu-i-diametr-dymokhodu.html>
27. Подача палива в котел [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://retra.com.ua/mehanizirovannyj-sklad-topliva>
28. Шляхи зменшення шкідливих викидів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
29. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : Підручник / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. – 232 с.
30. ДБН Д.2.2-20-99. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування. – К.: Держстандарт України, 2000. – 70 с.
31. ДБН Д.2.2-26-99. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
32. ДБН Д.2.3-15-99. Збірник 15. Обладнання для очищення газів. – К.: Держстандарт України, 2000. – 13 с.

33. ДБН Д.2.3-30-99. Збірник 30. Обладнання зерносховищ та підприємств по переробці зерна. – К.: Держстандарт України, 2000. – 50 с.
34. Технічні характеристики палива [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: –<http://www.autonet.ru/auto/ttx/mercedes-benz/sprinter>
35. Паливо [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: –
<https://studopedia.org/2-105876.html>
36. Монтаж трубопроводів [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: –
<https://sites.google.com/site/osnoviteplotehnikitagidravliki/rozdil-cetvertij-teploenergeticni-ustanovki/-4-1-zagalni-vidomosti-pro-energeticne-palivo/4-harakteristika-osnovnih-vidiv-paliva>
37. Технічні характеристики автомобілів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/>
38. Характеристики автомашин [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
39. Характеристика інструментів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://pidruchniki.com/1633082643442/>
40. Характеристика перфоратора МАКІТА [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://www.motoblok.biz/ru/catalog/170/perforatory-makita.html>
41. Технічна характеристика зварювального напівавтомату [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <http://weld-kind.com.ua/invertor-mig-mag/invertor-kind-mig-300-detail.html>
42. Процес монтажу пиловловлювачів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://www.ngpedia.ru/id164445p1.html>
43. Технологія встановлення циклонів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://mosregionvent.ru/montazh-ventilyacii/montaj-ciklona/>
44. Установка циклонів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: –
<https://www.chem21.info/info/1305769/>
45. Пиловловлювачі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: –
<https://ru.wikipedia.org/wiki/>

46. Організація робочих місць [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://pidruchniki.com/17910211/>
47. Правила щодо облаштування робочих місць [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://library.if.ua/book/40/2676.html>
48. Порядок прийняття в експлуатацію [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://www.kmu.gov.ua/npas/219737814>
49. Постанова [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://dabi.gov.ua/wp-content/uploads/2016/08/postanova-KMU-vid-13.04.2011-461.-Pytannya-pryjnyattya-v-ekspluatatsiyu-zakinchenyh-budivnytstvom-obyektiv.pdf>
50. Інструкція з охорони праці [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://dnaop.com/html/33058/doc>
51. Загальні вимоги техніки безпеки монтажних робіт [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <http://budtehnika.pp.ua/8164>
52. Семикин И.Д., Аверин С.И., Радченко И.И. Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов.-М.: Металлургия, 1965.-382с.
53. Белосельский Б.С., Соляков В.К. Энергетическое топливо.-М.:Энергия, 1980.-242с.Прочес горіння, його форми та види
https://pidruchniki.com/85830/bzhd/protses_gorinnya_formi_vidi
54. Частухин В.И., Частухин В.В. Топливо и теория горения.- Киев: Вища школа, 1989.-312с.
55. Антипенко А.М., Сорокін С.П., Поляков С.О. Властивості та якість паливо-мастильних матеріалів – Харків: ЧП Червяк, 2006. – 213 с.
56. Про альтернативні види палива [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
57. Перспективні види альтернативних палив [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <http://avdvca.gov.ua/avdiivka/enerhozberezhennia>
58. Характеристика теплоносіїв для опалення [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: – <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-138-otoplenie/7.htm>

59. Бужинський В. В. Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проектування з дисципліни “Автоматизація теплоенергетичних та теплотехнологічних установок” для студентів напряму підготовки 0905 – енергетика / В. В.Бужинський, М. М. Чепурний – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 26 с.
60. Каталог Регулирующие клапана и электрические приводы (полная номенклатура) [Електронний ресурс]: – Режим доступу до ресурсу: http://heating.danfoss.ru/PCMPDF/Control_valves_catalogue.pdf – Назва з екрану.
61. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посібн. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний , Д. В. Степанов – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137с.
62. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств : навч. посібн. / Д. В. Степанов, Є. С. Корженко, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 120 с.
63. Чепурний М. М. Теплові розрахунки парогенераторів / М. М. Чепурний, Д. В. Степанов, Є. С. Корженко . – Вінниця : ВНТУ, – 2005. -155 с.
64. Алабовський О. М. Проектування котелень промислових підприємств./ О. М. Алабовський . – К. : Вища школа, 1992. – 270с.
65. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування : навч.посібн. / Під. ред. Боженко М. Ф. – К. : – Вища шк., 1992. – 280 с.
66. Баранов П. А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов / П. А. Баранов. – М. : Энергоиздат, 1986. – 143 с.
67. Шилов Е. Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посібник. / Е. Й. Шилов, А. Ф. Гойко, Е. В. Измайлова . – К.: КНУБА, 2001. – 127 с.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри ТЕ

проф. С.Й.Ткаченко
(підпис)

« _____ » _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

" ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ
"

08-11.МКР.003.00.000

ПОГОДЖЕНО:

к.т.н. доц., науковий керівник,

_____ Н.Д.Степанова

Нормоконтроль

_____ Н.Д.Степанова

Вінниця 2019

Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу Міністерства освіти і науки України від

Дата початку роботи – 09.09.2019 р.

Дата закінчення роботи – 04.12.2019 р.

2. Мета і призначення НДР

Мета проекту – підвищення ефективності роботи котельні та техніко-економічних показників роботи котлів шляхом вибору оптимального співвідношення між альтернативним паливом і природним газом, вирішення проблеми зменшення шкідливих викидів в атмосферу при спалюванні альтернативного палива.

Об'єкт дослідження – Об'єктом є теплова схема водогрійної котельні в місті Славута

Основний предмет – енергетичні, економічні, технічні та екологічні показники роботи котельні.

Узагальнений науковий результат – набула подальшого розвитку методика еколого-економічної оцінки ефективності роботи водогрійної котельні. Дослідження ефективності заміщення природного газу деревними пелетами на водогрійній котельні показало зменшення споживання природного газу, собівартості теплової енергії, та зменшення викидів CO.

Узагальнений практичний результат – результати роботи дозволяють підвищити енергетичну ефективність та зменшити споживання природного газу в існуючих котельнях за рахунок оцінки ефективності роботи котельні з використанням альтернативного палива і природного газу, шляхом визначення екологічних показників, витрати енергоресурсів з врахуванням природних умов, потужностей і складу устаткування котельні, діючих тарифів на енергоносії.

3. Вихідні дані для проведення НДР

НДР є продовженням попередньої НДР “ Модернізація теплової схеми котельні в місті Славута ”, яка виконувалась у ВНТУ з 30.03.2018 р. по 08.06.2018 р.

Під час проведення НДР будуть використані за матеріалами попередніх досліджень та матеріалами таких публікацій:

1. Степанова Н. Д. Утилізація теплоти димових газів на водогрійних котельнях як напрямок енергозбереження / Н. Д. Степанова, Я С. Горovenko, А. В. Гарбуз. // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/2018/paper/view/5356/4374>

2. Степанова Н.Д. Підвищення енергоекологічної ефективності комплексного використання традиційних та альтернативних палив для виробництва теплоти / Н. Д. Степанова , А. В. Гарбуз // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2018”. Режим доступу - <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/2018/paper/viewFile/6085/5081>

3. О.Г. Лялюк. Техніко-економічне порівняння котлів з використанням різних видів палива / О.Г. Лялюк, А.В. Гарбуз. // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/viewFile/6030/5021>

4. Степанова Н.Д. Використання альтернативних видів палив на опалювальних котельнях / Н. Д. Степанова, А. В. Гарбуз // Доповідь на XLVIII Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, аВінниця, 2019. аРежим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2019/paper/view/7228/5944>

5. Степанова Н.Д. Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні на природному газі / Н. Д. Степанова , А. В. Гарбуз // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2018”. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8344/6990>

4. Виконавці НДР

Організація-виконавець – Вінницький національний технічний університет, кафедра теплоенергетики.

5. Вимоги до виконання НДР

Слід врахувати при плануванні досліджень стан розробки системи тепlopостачання з вбудовано-прибудованим приміщенням.

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати теоретичні та експериментальні методи досліджень екологічної і енергетичної ефективності системи тепlopостачання.

В результаті досліджень повинні бути розроблені теоретичні засади математичного моделювання робочих процесів, обладнання і підсистем в складі систем виробництва енергоносіїв, наукові основи мінімізації техногенних ризиків цих систем.

Вимоги нормативних матеріалів ГОСТ, ДСТУ, СНіП, ДБН, СанПіН, СН до обладнання систем виробництва енергоносіїв повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень та експериментальних випробувань.

Додаток В
(Математична модель)

				Газ котельня	Котельн я на пелетах
Початкові дані					
Частка заміщенні природного газу пелетним котлом	0,48	0,264	0,6704	0	1
	8794605,		10074506,		1037670
Q _{тв}	6	5443063	4	0	8
	1582102,			1037670	
Q _{газ}	8	4933645	302202	8	0
	567833,5	351437,	650471,74		
Витрата пелет	2	4	6	0	669983,8
	49346,52	153882,	9425,8209		
Витрата газу	2	7	6	323654,4	0
Визначення кількості шкідливих викидів при спалюванні природного газу					
Пок емісії окс азоту	113,43	113,43	113,43	113,43	113,43
	0,185145	0,57736	0,0353652		
Валовий вик окс Азоту, т	8	1	3	1,214336	0
Пок еміс CO	17	17	17	17	17
	0,027748		0,0053002		
Вал вик CO	2	0,08653	6	0,181995	0
	61100,41	61100,4	61100,418		
Пок еміс CO ₂	9	2	7	61100,42	61100,42
	99,73099	311,002			
Вал вик CO ₂	1	1	19,049903	654,1164	0
	0,000163	0,00050			
Валовий викид N ₂ O	2	9	3,1178E-05	0,001071	0
	0,001632		0,0003117		
Валовий викид метану	2	0,00509	8	0,010706	0
Визначення кількості шкідливих викидів при спалюванні пелет					
Пок емісії окс азоту	151	151	151	151	151
	1,509074		1,7286937		
Валовий вик окс Азоту, т	4	0,93398	1	0	1,780549
Пок еміс CO	15	15	15	15	15
	0,149908	0,09277	0,1717245		
Вал вик CO	1	9	4	0	0,176876
	172548,7	172548,			
Пок еміс CO ₂	5	8	172548,75	172548,8	172548,8
	1724,429	1067,26	1975,3903		
Вал вик CO ₂	8	6	3	0	2034,646
	0,005996	0,00371	0,0068689		
Валовий викид N ₂ O	3	1	8	0	0,007075
	0,029981	0,01855	0,0343449		
Валовий викид метану	6	6	1	0	0,035375
Сумарні валові викиди шкідливих речовин					
Валовий вик окс Азоту, т	1,694220	1,51134	1,7640589	1,214336	1,780549

	2	1	4		
	0,177656				
Вал вик СО	3	0,17931	0,1770248	0,181995	0,176876
	1824,160	1378,26	1994,4402		
Вал вик СО2	8	8	3	654,1164	2034,646
	0,006159		0,0069001		
Валовий викид N2O	5	0,00422	6	0,001071	0,007075
	0,031613	0,02364	0,0346566		
Валовий викид метану	9	6	9	0,010706	0,035375
Техніко-економічні показники роботи водогрійної котельні					
		141323,	141323,10		
Витрата електроен, кВт год	141323,1	1	4	141323,1	141323,1
Ціна ел ен грн/кВт год	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
	279819,7	279819,	279819,74		
Витрати на ел ен, грн/рік	5	7	6	279819,7	279819,7
Затрати на з/п , грн/рік	229824	229824	229824	229824	229824
Ціна пелет	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
Ціна газу	10,042	10,042	10,042	10,042	10,042
	2329640,		2195677,8		
Витрати на паливо, грн/рік	1	2680433	3	3250137	2164048
		18578,5			
Витрата води	18578,56	6	18578,56	18578,56	18578,56
Ціна води	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
	143054,9	143054,	143054,91		
Витрати на воду, грн/м3	1	9	2	143054,9	143054,9
Капіталовкладення	1200000	1200000	1200000	1200000	1200000
Витрати на аморти	84000	84000	84000	84000	84000
Витрати на поточний ремонт	16800	16800	16800	16800	16800
	184988,3	206035,	176950,58		
Інші витрати	2	9	9	240218,1	175052,8
			3126127,0		
Експлуатаційні витрати	3268127	3639967	8	4243854	3092599
	10376,70	10376,7	10376,708		
Річне виробництво теплоти, ГДж	8	1	4	10376,71	10376,71
	314,9483	350,782	301,26384		
Собівартість відпущеної теплоти, грн/ГДж	4	5	6	408,9788	298,0328
	1319,633	1469,77	1262,2955		
Собівартість відпущеної теплоти, грн/Гкал	5	9	1	1713,621	1248,757

