

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

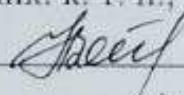
«Водогрійна котельня на альтернативних видах палива
потужністю 1 МВт»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-21 м
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(номер і назва спеціальності)



Кордонський Н.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ



Резидент Н.В.
(прізвище та ініціали)

« 18 » 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. БМГА



Бондар А.В.
(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2022 р.

Допущено до захисту

В.о. завідувача кафедри ТЕ


К.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 08 » 12 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 144 – Теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЕ

Стеланов Д.В.

« 22 » 09 2022 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кордонському Назару Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт
керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.09.2022 року № 203
- Строк подання студентом роботи 15.12.2022
- Вхідні дані до роботи: потужність опалення – 600 кВт; потужність гарячого водопостачання – 400 кВт, температурний графік системи тепlopостачання 90/70°C; паливо – природний газ, паливні гранули з деревини, тріска деревини, інші джерела енергії; існуюча теплова схема котельні.
- Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз сучасного стану заходів щодо економії та заміщення природного газу у водогрійних котельнях; аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива; дослідження показників роботи обладнання котельні в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation; утилізація теплоти відхідних газів в тепловій схемі котельні; організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень; економічна частина.
- Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план котельні на відм. 0.000; фрагмент плану котельні на відм. 0.000 після реконструкції; розріз котельні на відм. 0.000 після реконструкції; схема монтажна аксонометрична; календарний план виконання монтажних робіт графічні залежності отримані за результатами моделювання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4.1	Резидент Н. В., к.т.н, доц. кафедри ТЕ	<i>[Signature]</i> 20.09.22	<i>[Signature]</i> 18.09.22
4.2	Кобилянська І.М. к.п.н., доц. кафедри БЖДПБ	<i>[Signature]</i> 21.09.22	<i>[Signature]</i> 16.12.22
5	Лялюк О.Г., к.т.н, доц. кафедри БМГА	<i>[Signature]</i> 22.09.22	<i>[Signature]</i> 17.12.22

7. Дата видачі завдання 20.09.22.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прямітка
1	Аналіз сучасного стану заходів щодо економії та заміщення природного газу у водогрійних котельнях	20.09.22...10.10.22	<i>вик.</i>
2	Аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива	11.10.22...21.10.22	<i>вик.</i>
3	Дослідження показників роботи обладнання котельні в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation	22.10.21...05.11.22	<i>вик.</i>
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	06.11.22...22.11.22	<i>вик.</i>
5	Економічна частина	23.11.22...04.12.22	<i>вик.</i>
7	Оформлення МКР	05.12.22...12.12.22	<i>вик.</i>
8	Попередній захист МКР	13.12.22...17.12.22	<i>вик.</i>
9	Захист МКР	18.12.22...24.12.22	<i>вик.</i>

Студент

[Signature]

(підпис)

Кордонський Н. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

[Signature]

(підпис)

Резидент Н. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Кордонський Н. В. Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2022. 100 с.

Бібліогр.: 72 назв; рис.: 8; табл. 19.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблені принципові рішення щодо підвищення ефективності виробництва теплоти та зменшення шкідливого впливу на довкілля водогрійної котельні шляхом заміщення викопного виду палива відновлюваним джерелом енергії у поєднанні з використанням вторинних енергоресурсів. У загальній частині проаналізовано ефективність заходів в напрямку заміщення природного газу іншими видами палива, зокрема відновлюваними, ефективність від використання вторинних енергетичних ресурсів, обґрунтована доцільність розробки. Підібрано систему очищення відхідних газів твердопаливних котлів, визначені показники роботи циклона з утилізатором теплоти відхідних газів котлів в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. У технологічній частині розроблено технологію монтажу системи видалення відхідних газів твердопаливних котлів та очищення їх від високодисперсної золи. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання газопроводів, враховані відомості на виконання робіт. Графічна частина містить 5 креслень та 2 плакати. У розділі з охорони праці розроблено рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто заходи з дотримання електробезпеки.

Ключові слова: котельня, біомаса, відновлювані види палива, вторинні енергетичні ресурси, циклон, теплообмінник-утилізатор.

ABSTRACT

Kordonskyi N. V. Water-heating boiler room on alternative types of fuel with a capacity of 1 MW. Master's qualification thesis on specialty 144 – heat and power engineering, educational program – heat and power engineering. Vinnytsia: VSTU, 2022. 100 p.

Bibliography: 72 titles; Fig.: 8; table 19.

In the master's qualification work, principled solutions were developed to increase the efficiency of heat production and reduce the harmful impact on the environment of the water heating boiler house by replacing the fossil fuel with a renewable energy source in combination with the use of secondary energy resources. In the general part, the effectiveness of measures in the direction of replacing natural gas with other types of fuel, in particular renewable ones, the effectiveness of the use of secondary energy resources, and the justified feasibility of development are analyzed. The waste gas cleaning system of solid fuel boilers was selected, the performance indicators of the cyclone with the boiler waste gas heat utilizer were determined in the SolidWorks Flow Simulation CFD package. In the technological part, the technology of installing the system for removing waste gases from solid fuel boilers and cleaning them from highly dispersed ash has been developed. The layout of the equipment was carried out, gas pipeline laying schemes were developed, information on the performance of the works was taken into account. The graphic part contains 5 drawings and 2 posters. The section on labor protection has developed recommendations for improving working conditions, as well as measures to comply with electrical safety.

Key words: boiler house, biomass, renewable fuels, secondary energy resources, cyclone, heat exchanger-utilizer.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕКОНОМІЇ ТА ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ У ВОДОГРІЙНИХ КОТЕЛЬНЯХ	6
1.1 Використання альтернативних видів палива у водогрійних котельнях	6
1.2 Технології очищення відхідних газів твердопаливних котлів на біомасі	8
1.3 Висновки до розділу	10
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА.....	12
2.1 Загальна характеристика об'єкта	12
2.2 Розрахунки існуючої теплової схеми котельні.....	13
2.3 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою	17
2.4 Варіантний аналіз заходів щодо заміщення природного газу в котельні	20
2.5 Підбір основного обладнання котельні	24
2.6 Висновки до розділу	28
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЦИКЛОНА-УТИЛІЗАТОРА В CFD-ПАКЕТІ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION	30
3.1 Дослідження аеродинаміки та ефективності циклона-утилізатора.....	30
3.2 Дослідження інтенсивності теплообміну та потужності циклона-утилізатора.....	35
3.3 Перевірний розрахунок теплообмінника-утилізатора	37
3.4 Висновки до розділу	39
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	40
4.1 Технологія монтажу системи очищення відхідних газів твердопаливних котлів	40

4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	50
4.3 Висновки до розділу	66
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	67
5.1 Локальний кошторис	67
5.2 Загальні витрати інноваційного проекту та термін окупності	70
5.3 Висновки до розділу	73
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	76
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки МКР	83
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання	84
Додаток В (обов'язковий). Графічна частина	88
Додаток Г (обов'язковий). Ілюстративна частина	98

ВСТУП

Актуальність теми. З кожним роком в Україні спостерігається тенденція до стрімкого зростання цін на паливо та електричну енергію, вичерпання викопних видів палива, нестабільність постачання природного газу. Тому дедалі перспективним напрямком є впровадження відновлюваних джерел енергії. Сучасні досягнення науки і техніки дозволяють зробити відновлювані джерела енергії більш доступними для впровадження, а їх частка порівняно з традиційними постійно зростає в усьому світі. Одним із альтернативних відновлюваних джерел енергії є біомаса, зокрема тверда, а її використання для виробництва теплової енергії в опалювальних і котельнях є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами. МКР виконана відповідно до підрозділу науково-дослідної роботи кафедри теплоенергетики ВНТУ, закону України: «Про енергетичну ефективність», 2021.

Мета роботи – підвищення ефективності виробництва теплоти та зменшення шкідливого впливу на довкілля водогрійної котельні шляхом заміщення викопного виду палива відновлюваним джерелом енергії у поєднанні з використанням вторинних енергоресурсів.

Завдання роботи:

- проаналізувати інформацію про впровадження альтернативних видів палива, заходи щодо економії палива у водогрійних котельнях та зменшення шкідливих викидів;
- виконати розрахунки існуючої теплової схеми котельні і визначити її економічні показники;
- запропонувати альтернативні природному газу види палива і запропонувати заходи для зменшення собівартості виробництва теплової енергії;
- дослідити показники роботи системи очищення відхідних газів твердопаливного котла в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation;
- розробити технологію монтажу системи первинного очищення відхідних газів котельні;
- визначити економічні показники роботи котельні на відновлюваному виді палива;
- розробити заходи для покращення умов праці;
- розробити заходи захисту в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Процеси виробництва теплової енергії у водогрійній котельні.

Предмет дослідження. Підвищення ефективності виробництва теплової енергії у водогрійній котельні.

Новизна одержаних результатів. Набули подальшого розвитку методи оцінки ефективності застосування циклонів-утилізаторів, в результаті чого досягається економія палива та зменшення шкідливого впливу на довкілля.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи доповідались на Міжнародних науково-технічних конференціях – «Інноваційні технології в будівництві», 2022; «Енергоефективність в галузях економіки України», 2021.

Публікація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи опубліковані в матеріалах конференцій [1, 2].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕКОНОМІЇ ТА ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ У ВОДОГРІЙНИХ КОТЕЛЬНЯХ

1.1 Використання альтернативних видів палива у водогрійних котельнях

З кожним роком в більшості країн світу все гостріше постає проблема забезпечення різними видами енергії. Основними причинами виникнення цієї проблеми є вичерпність викопних видів палива зростання їх вартості [3–6], що обумовлює перехід на відновлювані джерела енергії.

Використання екологічно чистих відновлюваних джерел енергії з метою задоволення енергетичних потреб населення та промисловості є важливим для України, що пов'язано з дефіцитом енергоносіїв у галузі існуючої енергетичної системи та незадовільним станом довкілля [7]. Вирішити енергетичну проблему можна активним впровадженням альтернативних видів палива.

Альтернативний вид палива – тверде, рідке та газове паливо, яке є альтернативою відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини [8]. Головним чином до альтернативної енергетики відносять сонячну, вітрову, геотермальну енергію, біогаз, енергію біомаси, гідроенергію та вторинні енергетичні ресурси. Розвиток відновлюваної енергетики є важливим кроком спроможним покращити торговий баланс, створити нові робочі місця, вирішити соціальні питання, скоротити залежність від імпорту природного газу, забезпечити енергонезалежність країни, підвищити конкурентоспроможність продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках [9].

Для досягнення кліматично-нейтральної економіки України розроблена Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року [10].

Згідно Концепції основні напрямки декарбонізації економіки пов'язані з:

- розвитком відновлюваних джерел енергії у поєднанні із підвищенням енергоефективності;
- зменшенням споживання вуглецевітких енергетичних ресурсів в сільському господарстві та лісовому секторі;

- збільшенням виробництва біомаси, біопалив, інших відновлюваних джерел енергії в інших секторах економіки;
- заміною вугільних електростанцій до 2050 року;
- переведення нових ТЕЦ для централізованого теплопостачання на спалювання біомаси та біогазу;
- широкого використання біопалив та відходів у промислових процесах для заміщення вуглецевих ресурсів.

Концепція «зеленого» енергетичного переходу також передбачає підвищення енергоефективності, впровадження розумних мереж, управління енергоспоживанням, а також підтримку досліджень та інновацій [11].

Енергетична стратегія України на період до 2035 року [12] передбачає, що частка енергії, виробленої з відновлювальних джерел, в т.ч. з біомаси становитиме не менше 25%.

Отже, вага відновлюваних джерел енергії в паливно-енергетичному балансі країни зростає з року в рік, біоенергетики в тому числі.

Біоенергетика – галузь енергетики, яка передбачає використання біомаси як палива [13]. Біомаса – це біологічно відновлювальна невикопна речовина. Її органічне походження свідчить про вміст вуглецю; вона здатна до біологічного розкладу; є як органічною частиною відходів, так і одним з їх видів; є альтернативним, відновлювальним, нетрадиційним джерелом енергії, альтернативним видом палива та видом енергетичної сировини [14].

Біомаса може бути використана у твердому вигляді, шляхом безпосереднього спалювання дров, тріски, тюків із соломи, гранул та брикетів з біомаси) або перетворена і використана у рідкому (біодизель, біоетанол) чи газоподібному (біогаз, біометан) стані [15].

Тверду біомасу можна використовувати для виробництва теплової та електричної енергії у вигляді тирси, трісок, дров, деревного вугілля, гранул та брикетів, вироблених з біомаси [16]. Використання біомаси, як місцевого виду палива, зміцнює енергетичну безпеку країни, створює інфраструктуру, дає додаткові робочі місця в регіоні [17].

За оцінкою Біоенергетичної асоціації України, станом на 2018 р. потенціал енергії з біомаси складає 23 млн т н.е. Біомаси в Україні достатньо, щоб замінити весь імпорт газу, вугілля та бензину [18]. Водночас часто ціни на біомасу, особливо на ту, яку можна переробити в гранули і транспортувати,

прив'язані до ціни на природний газ. Це призводить до ситуації, коли біомаса на відкритому ринку дешевша, ніж природний газ, але все ще дорожча за субсидовану ціну на газ в Україні, що робить її використання підприємствами централізованого теплопостачання неекономічним [19].

Важливими також є питання енергоефективності котелень. Підвищення енергоефективності можна досягти двома шляхами: перший – заміна основного і допоміжного обладнання на більш ефективне; другий – встановлення обладнання для підвищення ефективності використання палива. Застосування утилізації теплоти відхідних газів котлів є одним із заходів підвищення ефективності використання палива [20].

Застосування технологій утилізації теплоти дозволяє одержати такі ефекти:

- економічний – підвищення ефективності використання теплоти палива в котельних установках, а також організація виробництва теплоутилізаторів на вітчизняних машинобудівних підприємствах;

- соціальний, який полягає в підвищенні рівня комфортності теплопостачання і збільшенні завантаження вітчизняних підприємств машинобудування, проектних і науково–дослідних установ;

- екологічний – охолодження відхідних газів зменшує шкідливі викидиоксидів сірки, азоту та вуглекислого газу та ін. за рахунок зменшення кількості палива, що спалюється [21].

1.2 Технології очищення відхідних газів твердопаливних котлів на біомасі

Під час спалювання біомаси потрібно застосовувати методи для зниження забруднюючих речовин у продуктах згорання з метою забезпечення екологічних вимог, які діляться на дві групи:

- первинні методи, які передбачають заходи, направлені на підготовку палива, конструктивні рішення котлів для організації процесу спалювання в топці;

- вторинні методи, які передбачають зменшення концентрації утворених забруднюючих речовин у відхідних газах, шляхом застосування газоочисного обладнання.

Винесення твердих часток із продуктами згорання пов'язане із наявністю золи, яка перебуває в підвішеному стані. Летка зола осідає на поверхнях нагріву котла, накопичується в бункерах, частина її потрапляє в продукти згорання у вигляді твердих часток, що викидаються в атмосферу. Вміст золи у продуктах згорання залежить від виду палива, його зольності та технології спалювання біомаси. Наприклад, для технологій прямого спалювання біомаси викиди золи змінюються в межах 300 ... 540 мг/м³, а під час газифікації твердої біомаси викиди становлять 70 мг/м³.

Для очищення продуктів згорання від високодисперсної золи застосовують вторинні методи, які передбачають використання систем очищення, таких як: рукавні фільтри, циклони, мультициклони, електрофільтри, скрубери.

Заходи та системи очищення відхідних газів призводять до зростання вартості котла і котельні. У вартість котла також включені заходи для зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Тому дорожчі котли мають кращі екологічні показники [22].

Основні переваги циклонних фільтрів – простота конструкції, невеликі експлуатаційні витрати, надійність конструкції. Форма, розміри і конструкція циклона впливають на аеродинаміку руху газових потоків та процес сепарації [23, 24]. Ефективність очищення газів в циклонах залежить від дисперсного складу і щільності твердих частинок у газовому потоці, який надходить на очищення та температури потоку [25, 26].

В основу роботи циклона покладено принцип використання аеродинамічної і відцентрової сили. Відцентрова сила всередині циклону утворює потік газопилової суміші, в якому зважені частинки пилу, золи або інших забруднювачів відкидаються на стінки корпусу. Під дією сили тяжіння частинки падають у розташований у низу зольний відсік циклона.

Елементи конструкції циклона забезпечують обертання потоку відхідних газів і поступальну його ходу. У кільцевий зазор системи поступає газ, що очищується, де він рухається по спіралі від стінок до центру. Очищений газ підіймається по вихлопній трубі і виходить в димохід, а потім в димову трубу. Залежно від розмірів твердих часток, відцентрова сила може забезпечувати

очищення відхідних газів від забруднюючих часток до 99%. Тверді частки потрапляють у бункер. Вигляд циклона та траєкторії потоку в циклоні показані на рис. 1.1.

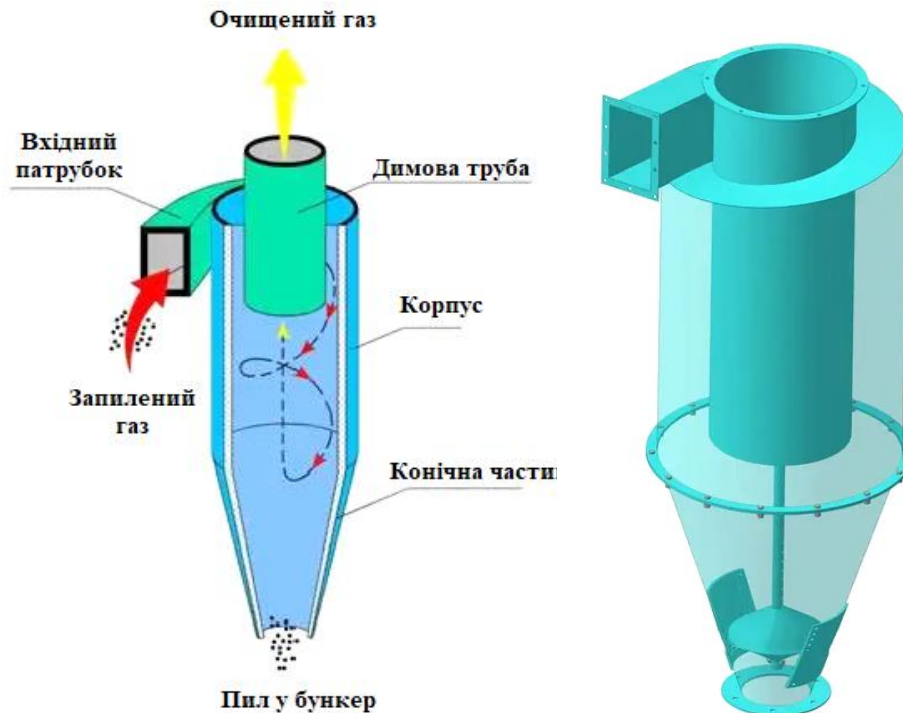


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд циклона та траєкторії потоку

До циклонних фільтрів висувають такі основні вимоги [24]: простота конструкції (надмірно ускладнені конструкції циклонів не знайшли застосування); здатність працювати за високої концентрації пилу у вхідному потоці; висока ефективність уловлювання твердих частинок; низький гідравлічний опір; стійкість до абразивної дії повітряного потоку.

Основною перевагою фільтрації за допомогою циклону є його незалежна робота. В разі встановлення циклону в твердопаливній котельні рекомендована установка димососа після фільтруючої установки.

1.3 Висновки до розділу

Використання альтернативних видів палива у водогрійних котельнях є актуальним з огляду на дефіцит і постійне здорожчання викопних видів палива та необхідність зменшення шкідливих викидів. Вага відновлюваних джерел

енергії в світі зростає з року в рік, зокрема біоенергетики. Потенціалу енергії з біомаси в Україні достатньо, щоб замінити весь імпорту газу, вугілля та бензину.

Застосування технологій утилізації теплоти під час спалювання палив дозволяє одержати економічний, соціальний та екологічний ефекти.

Під час спалювання біомаси потрібно застосовувати методи для зменшення забруднюючих речовин у продуктах згорання з метою забезпечення екологічних вимог. Для первинного очищення продуктів згорання котельних на біомасі доцільно застосовувати циклони та мультициклони.

Отже, заміщення природного газу у водогрійних котельнях альтернативними видами палива, використання вторинних енергоресурсів, зменшення шкідливих викидів обумовлює мету роботи і наступні завдання:

- виконати розрахунки існуючої теплової схеми котельні і визначити її економічні показники;
- дослідити показники роботи системи очищення відхідних газів твердопаливного котла в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation;
- виконати розрахунки водогрійної котельні з утилізатором теплоти на вибраному виді палива;
- розробити технологію монтажу системи первинного очищення відхідних газів котельні;
- визначити економічні показники роботи котельні на відновлюваному виді палива;
- розробити заходи для покращення умов праці;
- розробити заходи для безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

2.1 Загальна характеристика об'єкта

Водогрійна котельня загальною тепловою потужністю 1 МВт працює для забезпечення потреб тепlopостачання мікрорайону у м. Бердичів. Розрахункова потужність системи опалення становить 600 кВт, а максимальна потужність системи гарячого водopостачання – 400 кВт.

Загальна встановлена теплова потужність котельного обладнання – 1260 кВт. В котельні встановлені два водогрійних котли КСВ-0,63 потужністю по 630 кВт, які спалюють природний газ.

Відповідно до потреб мікрорайону котельня забезпечує відпуск гарячої води з температурою 90 °С на опалення і з температурою 55 °С для потреб гарячого водopостачання. Зворотна мережна вода на котли подається мережними насосами LPD 80-160/165. В тепловій схемі котельні передбачена лінія рециркуляції з насосом LMD 65-125/128 для запобігання низькотемпературній корозії або зменшення її прогресування. Така схема передбачає підтримання температури зворотної води на вході в котли не менше 60 °С.

Гаряче водopостачання здійснюється за закритою схемою. Холодна вода, яка поступає на гаряче водopостачання, нагрівається від мережної води в водоводяному поверхневому кожухотрубному теплообміннику. Мережна вода на теплообмінник гарячого водopостачання подається насосом LPD 65-125/132.

В роботі розглядається схема водогрійної опалювальної котельні при закритій системі тепlopостачання.

2.2 Розрахунки існуючої теплової схеми котельні

Вхідні дані.

Потужність системи опалення – $Q_{оп} = 600$ кВт.

Потужність системи гарячого водопостачання – $Q_{гвп} = 400$ кВт.

Температурний графік мережі – 90/70°C.

Температура води для потреб гарячого водопостачання – 55°C.

Температура сирі води – 5°C.

Частка втрат мережної води – 0,5%.

Температура зовнішнього повітря (– 22°C).

Розрахунки теплової схеми котельні виконі за методиками [27–29].

Витрата мережної води на опалення

$$G_{оп} = \frac{Q_{оп}}{C_p (t_{кв1} - t_{кв2})}. \quad (2.1)$$

Витрата мережної води на теплообмінники системи гарячого водопостачання

$$G_{гвп} = \frac{Q_{гвп}}{C_p (t_{кв1} - t_{кв2})}. \quad (2.2)$$

Сумарна витрата мережної води

$$G_{тм} = G_{оп} + G_{гвп}. \quad (2.3)$$

Витрата води в лінії перепуски

$$G_{пер} = 0 \text{ (кг/с)}. \quad (2.4)$$

Витрата води на підживлення теплової мережі

$$G_{пж} = G_{тм} \cdot \alpha_{втр}. \quad (2.5)$$

Витрата зворотної води

$$G_{зв} = G_{тм} - G_{пж}. \quad (2.6)$$

Витрата води перед рециркуляцією

$$G_{мн} = G_{зв} + G_{пж}. \quad (2.7)$$

Температура води перед лінією рециркуляції

$$t_{мн} = \frac{G_{зв} \cdot t_{зв} + G_{пж} \cdot t_{св}}{G_{мн}}. \quad (2.8)$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{рец} = G_{мн} \cdot \frac{t_{кв1} - t_{мн}}{t_{кв2} - t_{кв1}}. \quad (2.9)$$

Витрата котлової води

$$G_{кв} = G_{мн} + G_{рец}. \quad (2.10)$$

Потужність котельні

$$Q_{кот} = G_{кв} \cdot C_p \cdot (t_{кв1} - t_{мн}). \quad (2.11)$$

Розрахункова витрата робочого палива на котли

$$B_p = \frac{Q_{кот}}{Q_H^p \cdot \eta_{кот}}, \quad (2.12)$$

де Q_H^p – теплота згорання палива; $\eta_{кот}$ – ККД котла.

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{кот}}{Q_{ну}^p \cdot \eta_{кот}}. \quad (2.13)$$

ККД водогрійної котельні

$$\eta = \frac{Q_{кот}}{B_y \cdot Q_{ну}^p}. \quad (2.14)$$

Розрахунки теплової схеми для середньо-опалювального режиму передбачають визначення температур у зворотному і подавальному трубопроводах для середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період.

Теплове навантаження для опалення за температури зовнішнього повітря

$$\frac{Q'_o}{Q_o} = \frac{t_{в.р} - t_{зн}}{t_{в.р} - t_{зн.о}}. \quad (2.15)$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_o = \frac{t'' + t'}{2} - t_{вн}. \quad (2.16)$$

Різниця температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_o = t'' - t'. \quad (2.17)$$

Різниця температур води в опалювальній системі

$$\Theta_o = \Delta \tau_o = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура води в подавальному трубопроводі для $t_{зн}$

$$\tau_1 = t_{вн} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_o^{0,8} + (\Delta \tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right). \quad (2.18)$$

Температура в зворотному трубопроводі при $t_{зн}$

$$\tau_2 = t_{вн} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_o^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right). \quad (2.19)$$

Витрата котлової води на опалення

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)}{C_p (\tau_1 - \tau_2)}. \quad (2.20)$$

Інші показники для середньо-опалювального режиму визначаються за рівняннями (2.2 – 2.14).

Для літнього режиму показники роботи визначаються за рівняннями (2.1 – 2.14) за умови, що $Q_{оп} = 0$.

Результати розрахунків теплової схеми для показані в таблиці 2.1.

Виконані розрахунки теплової схеми водогрійної котельні. Для максимальнозимового, середньоопалювального та міжопалювального режимів визначені витрати потоків, витрати умовного і робочого палива – природного газу, яка становить 0,033, 0,023 та 0,013 м³/с відповідно.

Електричну потужність власних потреб котельні розраховуємо, як суму потужностей вентиляторів і димососів котлів, мережного насоса, підживлювального насоса, циркуляційна насоса, насоса рециркуляції.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку існуючої теплової схеми котельні

Показник	Позначення	Розмірність	Період		
			Максимально зимовий	Середньоопалювальний	Міжопалювальний
Витрата мережної води на опалення	$G_{оп\ тм}^{оп}$	кг/с	7,16	1,78	0
Витрата мережної води на гріче водопостачання	$G_{тм}^{гвп}$	кг/с	4,77	4,77	4,77
Загальна витрата мережної води	$G_{тм}$	кг/с	11,93	6,55	4,77
Витрата води на підживлення мережі	$G_{підж}$	кг/с	0,06	0,033	0
Витрата в лінії рециркуляції	$G_{рец}$	кг/с	0,19	1,935	0
Витрата котлової води	$G_{кв}$	кг/с	12,12	8,49	4,77
Теплова потужність котельні	$Q_{к}$	кВт	1015	711	400
Витрата робочого палива	$V_{р}$	м ³ /с	0,033	0,023	0,013
Витрата умовного палива	$V_{у}$	м ³ /с	0,038	0,027	0,015
ККД брутто котельні	η		0,898	0,899	0,91

Потужність електрообладнання котла $N_{\text{кот}} = 1,4$ кВт [30].

Потужність мережного насоса LPD 80-160/165 $N_{\text{мн}} = 5 \dots 7$ кВт [31], насоса системи гарячого водопостачання LMD 65-125/128 $N_{\text{гвп}} = 1,1$ кВт [32], рециркуляційного насоса LPD 65-125/132 $N_{\text{рец}} = 2$ кВт [33].

$$N_{\text{вп}} = N_{\text{мн}} \cdot n_{\text{мн1}} + N_{\text{кот}} \cdot n_{\text{кот}} + N_{\text{рец}} \cdot n_{\text{рец}} + N_{\text{гвп}} \cdot n_{\text{гвп}}, \quad (2.21)$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{макс}} = 7 \cdot 1 + 1,4 \cdot 2 + 0,37 \cdot 2 + 1,1 \cdot 1 = 11,64 \text{ (кВт)},$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{сop}} = 5 \cdot 1 + 1,4 \cdot 2 + 0,37 \cdot 3 + 1,1 \cdot 1 = 9,64 \text{ (кВт)},$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{літ}} = 1,4 \cdot 1 + 1,1 \cdot 1 = 2,5 \text{ (кВт)}.$$

2.3 Техніко–економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою

Економічні показники роботи існуючої котельні визначим за [28, 34, 35].

Для підрахунку витрат на амортизацію і ремонт приймаємо, що величина балансової вартості газової котельні потужністю 1 МВт становить 9,5 млн. грн.

Витрата палива за рік двома газовими котлами, які працюватимуть на потужність 1 МВт.

$$V_{\text{річ}} = (V_{\text{макс.оп}} \cdot \tau_{\text{макс.оп}} + V_{\text{с.оп}} \cdot \tau_{\text{с.оп}} + V_{\text{м.оп}} \cdot \tau_{\text{м.оп}}) \cdot 3600, \quad (2.22)$$

$$V_{\text{річ}} = (0,033 \cdot 6 \cdot 24 + 0,023 \cdot 179 \cdot 24 + 0,013 \cdot 150 \cdot 24) \cdot 3600 = 541,3 \text{ (тис.м}^3\text{/рік)}.$$

Виробництво теплоти за рік

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот.макс.оп}} \cdot \tau_{\text{макс.оп}} + Q_{\text{с.оп}} \cdot \tau_{\text{с.оп}} + Q_{\text{м.оп}} \cdot \tau_{\text{м.оп}}) \cdot 3600, \quad (2.23)$$

$$Q_{\text{річ}} = (1015 \cdot 144 + 711 \cdot 4296 + 400 \cdot 3600) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 16706,2 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Витрата коштів на природний газ

$$S_{\text{п.г}} = V_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{п.г}}, \quad (2.24)$$

де $\Pi_{п.г.}$ – ціна природного газу, грн/м³.

Вартість газу для населення, комунальних підприємств, бюджетних установ і організацій змінюється від 7957 до 16600 за 1000 м³ без урахування доставки, а для промислових підприємств – 37000...52000 грн за 1000 м³ [36, 37]. В розрахунках враховувалася орієнтовна вартість транспортування природного газу. Приймаємо, що для опалювальної котельні $\Pi_{п.г.} = 12,00$ грн/м³.

$$S_{п.г.} = 541,3 \cdot 12,00 \cdot 10^{-3} = 6,496 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрата води на підживлення

$$G_B = \frac{G_{пж.макс.оп} \cdot \tau_{макс.оп} \cdot 3600 + G_{пж.с.оп} \cdot \tau_{с.оп} \cdot 3600}{1000}, \quad (2.25)$$

$$G_B = \frac{0,06 \cdot 144 \cdot 3600 + 0,033 \cdot 4296 \cdot 3600}{1000} = 541,5 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Витрати на воду для підживлення

$$S_B = G_B \cdot \Pi_B, \quad (2.26)$$

де Π_B – ціна на воду, грн/м³; $\Pi_{п.г.} = 29,00$ грн/м³ [38].

$$S_B = 541,5 \cdot 29,0 \cdot 10^{-3} = 15,7 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Витрати коштів на електричну енергію

$$S_{еe} = (N_{вп}^{макс} \cdot \tau_{макс.оп} + N_{вп}^{соп} \cdot \tau_{с.оп} + N_{вп}^{моп} \cdot \tau_{м.оп}) \cdot \Pi_{еe}, \quad (2.27)$$

де $\Pi_{еe}$ – тариф на електроенергію, $\Pi_{еe} = 4,76$ грн/(кВт·год) [39].

$N_{вп}^{макс}$, $N_{вп}^{соп}$, $N_{вп}^{моп}$, – електрична потужність власних потреб котельні, для різних режимів, кВт.

$$S_{еe} = (11,64 \cdot 144 + 9,64 \cdot 4296 + 2,5 \cdot 3600) \cdot 4,76 = 247,95 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці з відрахуваннями [34]

$$S_{зп} = n \cdot ЗП \cdot k, \quad (2.28)$$

де ЗП – середня заробітна плата.

$$S_{зп} = 3 \cdot 15000 \cdot 12 \cdot 1,41 = 761,4 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 0,075 \cdot B_{оф}, \quad (2.29)$$

де $B_{оф}$ – вартість основних виробничих фондів. Вони становлять 75% від капіталовкладень в будівництво, $B_{оф} = 9,5$ млн грн.

$$S_A = 0,075 \cdot 9,5 = 0,713 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Витрати коштів на ремонт

$$S_p = 0,2 \cdot S_a, \quad (2.30)$$

$$S_p = 0,2 \cdot 0,713 = 0,143 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$S_{ін} = 0,3 \cdot (S_a + S_p + S_{зп}), \quad (2.31)$$

$$S_{ін} = 0,3 \cdot (713 + 143 + 761,4) = 485,22 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Витрати на воду і енергоносії

$$S_{ен} = S_{пал} + S_B + S_{се}, \quad (2.32)$$

$$S_{ен} = 6496 + 15,7 + 247,95 = 6759,65 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Загальні витрати котельні, яка працює на природному газі

$$S_{п.г} = S_{ен} + S_{зп} + S_A + S_p + S_{ін}, \quad (2.33)$$

$$S_{п.г} = 6759,65 + 761,4 + 713 + 143 + 485,22 = 8862,27 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

$$C_B = \frac{S_{п.г}}{Q_{річ}}, \quad (2.34)$$

$$C_B = \frac{8862,27 \cdot 10^3}{16706,2} = 530,5 \text{ (грн/ГДж)}.$$

2.4 Варіантний аналіз заходів щодо заміщення природного газу в котельні

Доцільним варіантом заміщення природного газу, як джерела енергії у водогрійній котельні, є переведення її на альтернативні види палива, зокрема відновлювані. Для розрахунків виберемо такі варіанти:

- встановлення котлів сумарною потужністю 1000 кВт, що працюватимуть на паливних гранулах з деревини;
- встановлення котлів сумарною потужністю 1000 кВт, що працюватимуть на паливній трісці з деревини.

Для виконання розрахунків приймаємо, що котельня працюватиме в максимально опалювальному режимі 6 діб, в середньоопалювальному 179 діб і в літньому 150 діб. Показники вибраних варіантів порівнюватимуться із показниками газової котельні.

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання будівельно-монтажних робіт складається локальний кошторис. Для орієнтовних розрахунків норм амортизації і терміну окупності задаємося, що 1 МВт встановленої потужності становить 3,6 млн.грн [40].

Для подальших розрахунків прийнято, що в котельні додатково встановлюються додатково дві установки потужністю 400 та 630 кВт і відповідні їм системи очищення відхідних газів.

Визначимо електричну потужність власних потреб котельні з твердопаливними котлами, враховуючи витрати електроненергії на систему паливоподачі. Потужність системи паливоподачі $N_{\text{пп}} = 1,5$ кВт. Для роботи твердопаливних котлів необхідно встановити додатково насоси, для забезпечення циркуляції теплоносія через котли в кількості 12,36 кг/с або 49,9 (м³/год). На котельні встановлюємо насос VeroTwin – DPL 50/150-4/2. Технічні характеристики: подача $Q=78,1$ м³/год, напір $H = 26,1$ м, споживана потужність $N_{\text{цн}} = 0,75$ кВт [41].

Сумарна електрична потужність дуттьового обладнання та циркуляційного насоса $N_{\text{кот}} = 3$ кВт.

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{МН}} \cdot n_{\text{МН1}} + N_{\text{КОТ}} \cdot n_{\text{КОТ}} + N_{\text{РЕЦ}} \cdot n_{\text{РЕЦ}} + N_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{ГВП}} + N_{\text{ПП}} \cdot n_{\text{ПП}},$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} = 7 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 0,37 \cdot 2 + 1,1 \cdot 1 + 1,5 \cdot 2 = 16,84 \text{ (кВт)},$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} = 5 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 0,37 \cdot 2 + 1,1 \cdot 1 + 1,5 \cdot 2 = 14,84 \text{ (кВт)},$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{м.оп}} = 2,5 \cdot 1 + 1,1 \cdot 1 + 1,5 \cdot 1 = 5,1 \text{ (кВт)}.$$

Витрати коштів на електричну енергію для котельні на біомасі

$$S_{\text{еє}} = (N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс.оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} \cdot \tau_{\text{с.оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{м.оп}} \cdot \tau_{\text{м.оп}}) \cdot \Pi_{\text{еє}},$$

$$S_{\text{еє}} = (16,84 \cdot 144 + 14,84 \cdot 4296 + 5,1 \cdot 3600) \cdot 4,76 = 402,4 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Робота установок можлива як на трісці, так і на паливних гранулах. Нижча теплота згорання паливних гранул $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 17,71$ МДж/кг, паливної тріски - $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 12,00$ МДж/кг, ККД котлів – 0,76. Визначимо витрату робочого палива на цих видах палива.

Витрата паливної тріски на водогрійні котли у максимально зимовий період за рівнянням (2.12).

$$B_{\text{рвк}} = \frac{1,015}{12 \cdot 0,76} = 0,111 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата паливної тріски для водогрійних котлів у середньоопалювальний період

$$V_{\text{рвк}} = \frac{0,711}{12 \cdot 0,76} = 0,078 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата паливної тріски для водогрійних котлів у літній період

$$V_{\text{рвк}} = \frac{0,4}{12 \cdot 0,76} = 0,044 \text{ (кг/с)}.$$

Річну витрату робочого палива (паливних гранул з деревини, паливної тріски) на водогрійні котли та інші економічні показники роботи котельні за методикою, яка показана в підрозділі 2.3.

Термін окупності капіталовкладень [34]

$$T = \frac{K_6}{S_{\text{п.г}} - S_6}, \quad (2.35)$$

де $S_{\text{п.г}}$ – річні експлуатаційні витрати котельні на природному газі, грн;

S_6 – річні експлуатаційні витрати котельні на твердій біомасі, грн;

K_6 – капіталовкладення в реконструкцію котельні, грн.

За результатами досліджень цін на паливо в Україні за 2022 рік, можна зробити висновок, що ціни на паливо різні і залежать від місця розташування підприємства, наявності поруч магістральних та залізничних доріг, автомобільного транспорту, лісових господарств та багатьох інших чинників. Вартість паливних гранул з деревини коливається від 5 до 14,5 грн/кг [42 – 44]. Для розрахунків використані середні ціни на паливо. Вхідні дані і результати показані в таблиці 2.2.

Результати розрахунків інших річних витрат та собівартості виробництва теплової енергії на різних видах палива показані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі та біомасі

	Існуюча схема на природному газі	Встановлення котлів на паливних гранулах	Встановлення котлів на паливній трісці
Ціна природного газу [37, 38], грн/м ³	12,0	–	–
Ціна паливних гранул [43, 44], грн/кг	–	8,1	–
Ціна паливної тріски [44], грн/кг	–	–	3,15
Ціна на електроенергію, грн/кВт год	4,76	4,76	4,76
Витрата робочого палива, кг/с, м ³ /с	0,033	0,065	0,111
Річна витрата природного газу, тис.м ³	541,3	–	–
Річна витрата паливних гранул, т	–	1234,4	–
Річна витрата тріски, т			1834,1
Річні витрати коштів на паливо, млн.грн	6,496	9,998	0,569
Річна витрата електроенергії, кВт·год	52090	84538	84538
Річні витрати коштів на електроенергію, тис.грн	247,95	402,4	402,4
Річні витрати коштів на воду, тис.грн	15,7	15,7	15,7
Річні витрати коштів на амортизацію, млн.грн	0,713	0,982	0,982
Річні витрати коштів на поточний ремонт, млн.грн	0,143	0,196	0,196
Річні витрати коштів на заробітну плату, млн.грн	0,761	1,015	1,015
Інші витрати, тис.грн	485,2	657,96	657,96
Загальні експлуатаційні витрати, млн.грн	8,863	13,0	3,837
Річне виробництво теплоти, ГДж/рік	16706,2	16706,2	16706,2
Собівартість вироблення теплової енергії, грн/ГДж	530,5	778,1	229,7
Капіталовкладення, млн. грн	–	3,6	3,6
Простий термін окупності, рік	–	–	0,7

З таблиці 2.2 видно, що найменша собівартість виробництва 1 ГДж теплової енергії в разі спалювання тріски, тому виконаємо підбір твердопаливних водогрійних котлів на біомасі, а водогрійні котли КСВ-0,63, які працюють на природному газі, залишаться як резервне джерело.

2.5 Підбір основного обладнання котельні

Котли

В якості джерела теплопостачання для забезпечення потужності котельні – $Q_{\text{кот}} = 1$ МВт вибираємо енергетичні установки УЕАС – 400 і УЕАС – 630, які складаються з котла та системи автоматичного спалювання. Котел може використовуватись як в складі установки енергетичної, так і самостійно [45]. Установки призначені для забезпечення тепловою енергією технологічних процесів виробництв, систем опалення та гарячого водопостачання, сушильних установок, теплиць. Установки є універсальними, оскільки в разі виникнення аварійних ситуацій технологічний процес не переривається завдяки спалюванню шматкових відходів в топці котла. Технічні характеристики установок показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики установок енергетичних [45, 46].

Показник	УЕАС-400	УЕАС-630
Коефіцієнт корисної дії	76%	76%
Температура води на виході з котла	95 °С	95 °С
Робочий тиск води	до 2,5 атм	до 2,5 атм
Номінальна теплопродуктивність для вологості до 50%	400 кВт	700 кВт
Максимальна витрата хвойного палива вологістю 50%	0,65 м ³ /год	1 м ³ /год
Д х Ш х В	4480х2100х1900	4750х2340х200
Маса не більше	2350 кг	2720 кг
Об'єм бункера	0,4 м ³	0,4 м ³

Димова труба

Вхідні дані:

- витрата робочого палива $V_p = 0,111$ кг/с;
- кількість котлів – 2 шт;
- об'єм газів $V_r = 7,24$ м³/кг;
- частка виносу золи $a_{\text{вин}} = 0,8$.

Розрахункова висота димової труби за [47]

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot A \cdot M \cdot F \cdot m}{C - 2C_{\phi}} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{\Gamma}^{д.г} \cdot \Delta t}}}, \quad (2.36)$$

де $m = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує умови виходу продуктів згорання із димової труби;

M – маса золи, яка викидається в атмосферу з димової труби, кг/с;

C – концентрація речовин біля поверхні землі, які забруднюють кг/м³;

$A = 120$ – коефіцієнт стратифікації атмосфери, С^{2/3} · град^{1/3};

$F = 1$ – коефіцієнт, який враховує швидкість осідання речовин, які забруднюють атмосферу;

$V_{д.г}$ – об'єм продуктів згорання, що проходять через димову трубу, м³/с;

$m = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує умови виходу продуктів згорання із димової труби;

C_{ϕ} – фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосфері, кг/м³.

Маса золи, яка викидається із димової труби

$$M = 0,01 \cdot n \cdot B_p \cdot \alpha_{вн} \cdot A^p, \quad (2.37)$$

де A^p – масова частка золи в паливі, %.

n – кількість котлів;

$\alpha_{вн}$ – частка виносу золи;

$$M = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,111 \cdot 0,8 \cdot 3,6 = 0,0032 \text{ (кг/с)}.$$

Дійсний об'єм продуктів згорання, які викидаються через димову трубу

$$V_{д.г} = n \cdot B_p \cdot V_{\Gamma} \cdot \frac{t_{\Gamma} + 273}{273} \cdot \frac{101000}{h_{\phi}}, \quad (2.38)$$

де t_{Γ} – температура газів на виході з котла, °С

$$V_{\text{др}} = 0,111 \cdot 7,24 \cdot \frac{160 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{98000} = 1,314 \text{ (м}^3\text{/с)} = 4730,4 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Різниця температур

$$\Delta t = \vartheta_{\text{д.т}} - t_{\text{зн}}, \quad (2.39)$$

де $t_{\text{зн}}$ – температура зовнішнього повітря.

$$\Delta t = 160 - 24 = 136 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Тоді

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot 120 \cdot 0,0032 \cdot 1 \cdot 0,89}{0,5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6}}} = 12,2 \text{ (м).}$$

Розрахунковий діаметр димової труби

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{д.т}}}{\pi \cdot w_{\text{г}}}}, \quad (2.40)$$

де $w_{\text{г}}$ – швидкість виходу димових газів. Задаємо 6,0 м/с.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,314}{\pi \cdot 6,0}} = 0,528 \text{ (м).}$$

Розрахункова висота димової труби дорівнює 16 м, діаметр труби становить 600 мм.

Система очищення відхідних газів.

Біомаса є CO_2 нейтральним видом палива, але її спалювання супроводжується винесенням твердих частинок із продуктами згорання, що пов'язано із наявністю леткої золи. Це зумовлює необхідність встановлення систем очищення відхідних газів перед виведенням відхідних газів у димову трубу. Найбільш поширеною системою первинного очищення відхідних газів для водогрійних і промислових котлів є системи з циклонами. Для вибору циклонів визначимо витрати робочого палива та об'єм відхідних газів, який потрібно очистити.

Витрата паливної тріски на установку енергетичну УЕАС-400 та УЕАС-630 для номінального навантаження

$$B_{p400} = \frac{0,400}{17,71 \cdot 0,76} = 0,0297 \text{ (кг/с)},$$

$$B_{p630} = \frac{0,630}{17,71 \cdot 0,76} = 0,0468 \text{ (кг/с)}.$$

Дійсний об'єм димових газів для установок УЕАС-400 і УЕАС-630 відповідно

$$V_{дг} = B_p \cdot V_r \cdot \frac{t_r + 273}{273},$$

$$V_{дг400} = 0,0297 \cdot 7,24 \cdot \frac{160 + 273}{273} = 0,341 \text{ (м}^3\text{/с)} = 1227,6 \text{ (м}^3\text{/год)},$$

$$V_{дг630} = 0,0468 \cdot 7,24 \cdot \frac{160 + 273}{273} = 0,537 \text{ (м}^3\text{/с)} = 1933,2 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

До встановлення вибираємо циклони МЦ-У-200 [48] та МЦ-У-400 [49]. Циклон-утилізатор МЦ-У (рис. 2.1) дозволяє видаляти шкідливі речовини з відхідних газів, які утворюються під час спалювання, і використовувати його у виробництві. Таке обладнання застосовується для пиловловлювання, очищення димових газів, зниження рівня шкідливих токсичних речовин та встановлюється на електростанціях, у котельнях промислових та опалювальних, сміттєспалювальних заводах.

Такі циклони утилізують теплоту відхідних газів котлів, зменшують втрати теплоти з продуктами згорання і відповідно дозволяють економити енергоресурси. Циклон містить 2-х ходовий жаротрубний теплообмінник, який призначений для підігрівання води за рахунок утилізації теплоти відхідних газів. Вбудований теплообмінник в обладнанні дозволяє газам віддавати теплоту в систему теплопостачання в досить тривалому періоді до повного піролізу деревних частинок. За даними заводу-виробника робота

циклона-утилізатора в системах відведення та очищення відхідних газів підвищує ефективність системи на 5-7 %.

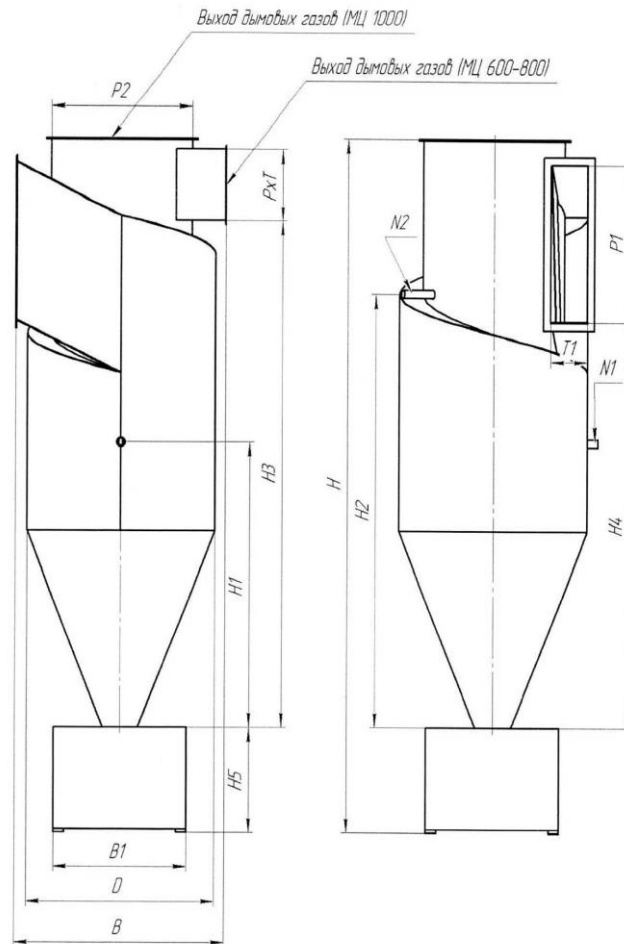


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд та розміри циклона

В подальших розрахунках визначимо температуру мережної води після нагрівання в теплообміннику-утилізаторі. Для цього виконаємо перевірний розрахунок теплообмінника, виконаємо дослідження раціональних режимів його роботи.

2.6 Висновки до розділу

Виконані розрахунки теплової схеми водогрійної котельні для найбільш холодної п'ятиденки, середньоопалювального та літнього режиму. Визначені

витрати потоків, умовного та робочого палива – природного газу, яка становить 0,033, 0,023 та 0,013 м³/с відповідно. За результатами розрахунку техніко-економічних показників роботи котельні визначено, що собівартість виробництва теплової енергії котельнею на природному газі становить 530,5 грн/ГДж.

Виконано варіантний аналіз заходів щодо заміщення природного газу в котельні, як джерела теплової енергії. Показано, що доцільним варіантом є переведення котельні на альтернативні види палива, зокрема відновлювані. Для подальшої розробки прийнято варіант встановлення двох котельних установок, що працюють на твердій біомасі.

Підібрано основне обладнання в складі установок УЕАС-400 та УЕАС-630, які можуть працювати на паливних гранулах з деревини, брикетах, паливній трісці, та системи очищення відхідних газів МЦ-У-200 та МЦ-У-400. Визначено висоту і діаметр димової труби, які становлять 16 м і 600 мм відповідно.

Виявлено, що в разі переведення переведення котельні на спалювання паливної тріски собівартість теплової енергії становитиме 229,7 грн/ГДж, річна економія коштів становитиме 5,026 млн.грн, простий термін окупності капіталовкладень 0,7 року.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЦИКЛОНА-УТИЛІЗАТОРА В CFD-ПАКЕТІ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

3.1 Дослідження аеродинаміки та ефективності циклона-утилізатора

Аеродинамічні та теплотехнічні характеристики циклона з утилізатором теплоти відхідних газів твердопаливного котла, ефективність циклона щодо очищення газів від високодисперсної золи можна визначити за результатами моделювання процесів аеродинаміки та теплообміну в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation.

Для дослідження вибрано циклон, аналогічний системі очищення відхідних газів Коростенського заводу теплотехнічного обладнання КЗОТ Циклон МЦУ-400 [49]. Принцип роботи циклона базується на дії відцентрової інерційної сепарації – під впливом відцентрової сили, що виникає під час обертання газового потоку в корпусі апарата, відокремлюються тверді частинки від газового середовища. Газовий потік, забруднений твердими частинками, вводиться в циклон через патрубок 1 (рис. 3.1, а). Здійснюючи обертальний рух по спіралі тверді частинки притискаються до стінок циклона, втрачають швидкість, скочуються вниз і через золівідвідний отвір 2 потрапляють в бункер, де відбувається їх осадження і накопичення. Очищений газовий потік гвинтоподібно піднімається вгору і через відвідну трубу 3 виходить назовні. Бункер в разі його повного або часткового заповнення розвантажується від твердих частинок. Теплообмінна поверхня складається із 40 трубок діаметром 51/46 мм і довжиною 660 мм та двох трубних дошок. Загальна площа теплообмінної поверхні з боку газів – 3,4 м². Теплообмінник вмонтовано всередину відвідної труби циклона. Біля внутрішньої поверхні труб теплообмінника відхідні гази виконують підйомний рух, а вода, що нагрівається, рухається протитечією в міжтрубному просторі. Патрубки для входу і виходу поз.5 і 6.

Для виконання прорахунків виконано такі етапи:

1. Тривимірне моделювання циклона-утилізатора (рис. 3.1, б) в CAD системі.

2. Розміщення геометричної моделі в розрахунковій області.

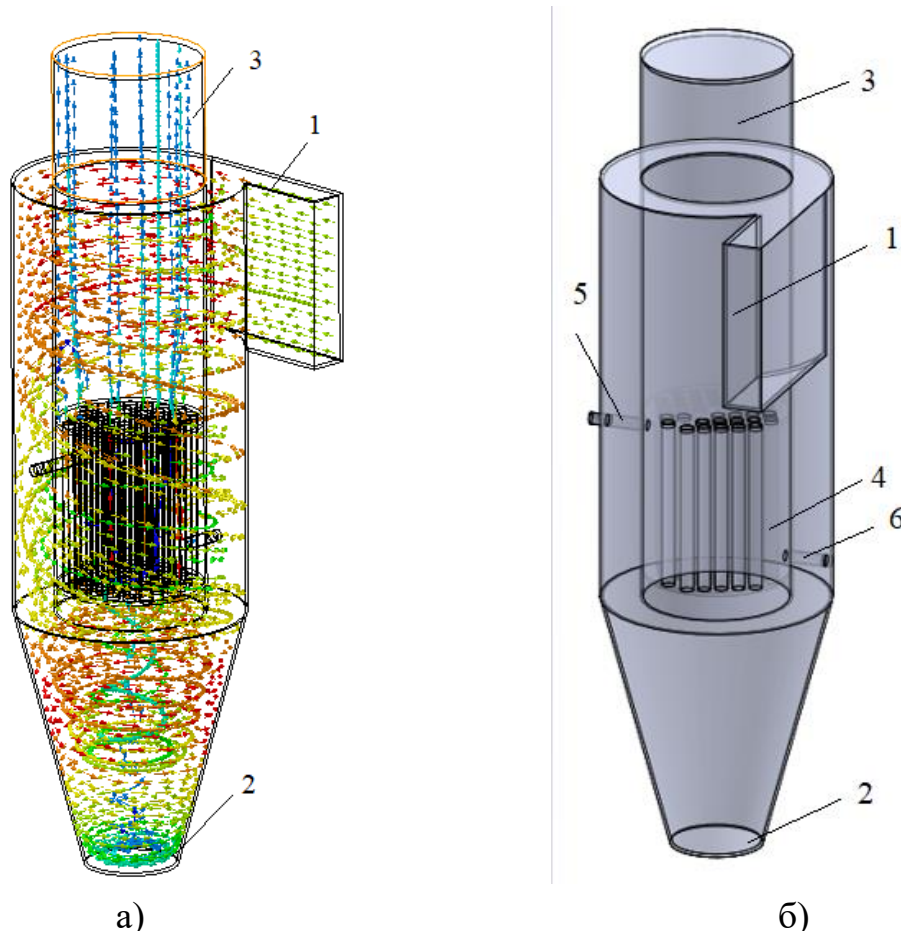


Рисунок 3.1 – Траєкторії потоку (а); геометрична модель циклона МЦУ 400 в САD-системі САПР SolidWorks (б)

3. Введення умов однозначності. Для проведення експерименту у Solidworks Flow Simulation задавались такі умови однозначності: фізичні – текучі середовища повітря, вода, матеріал стінок – вуглецева сталь; початкові та граничні умови: об’ємна витрата потоку відхідних газів котла на вході в патрубок 1 – $V_r = 0,16 \dots 0,537 \text{ м}^3/\text{с}$, температура газів – $t'_r = 160 \dots 210 \text{ }^\circ\text{C}$, повний тиск – 101325 Па; масова витрата мережної води у вхідному патрубку – $G_b = 1,1 \text{ кг/с}$, статичний тиск у вихідному патрубку – 200 кПа; температура води на вході в теплообмінник-утилізатор – 47 $^\circ\text{C}$.

4. Формування цілей. Сформовані такі цілі: повний тиск на вході в циклон та на виході з циклона, різниця повних тисків, тепловий потік, температура стінки.

5. Вибір розмірів і типу твердих частинок та умов на стінках для розрахунку ефективності циклона.

6. Візуалізація результатів (Додаток Г).

Поля швидкостей і тисків через траєкторії потоку, картини в перерізі та поверхневі параметри для витрати газів на вході в апарат $0,537 \text{ м}^3/\text{с}$ показано на рис. 3.2, а та рис. 3.2, б.

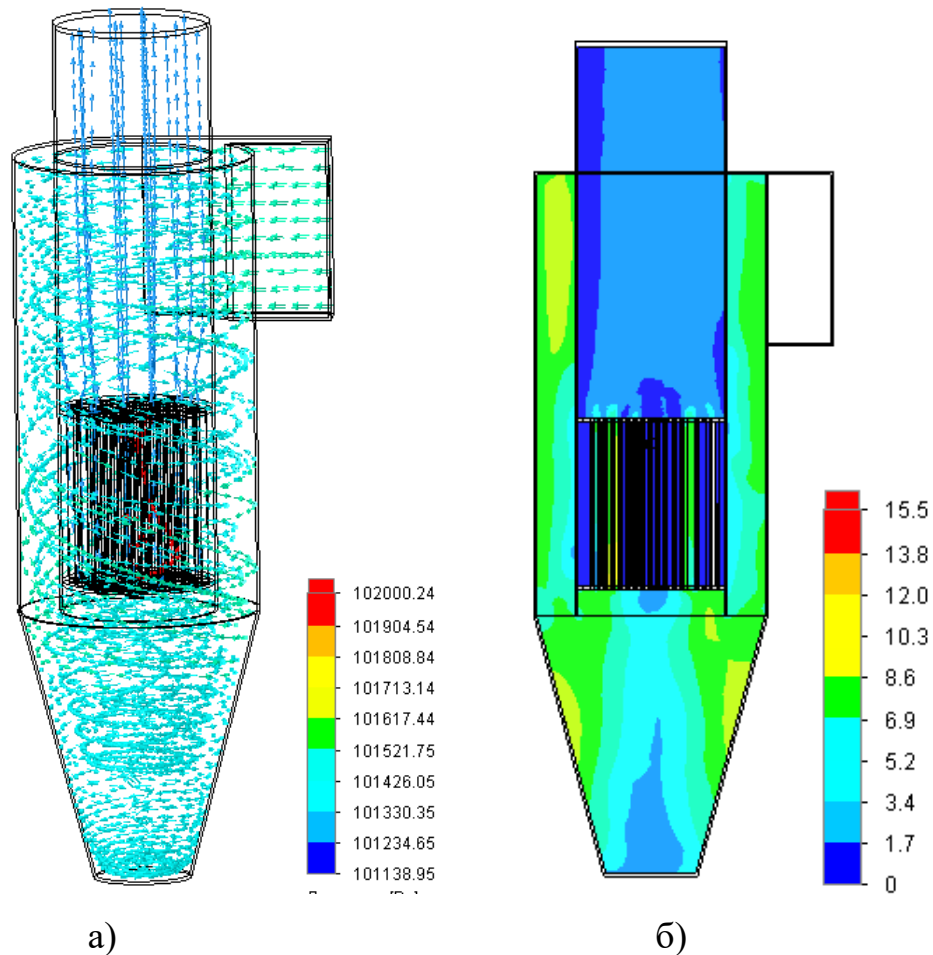
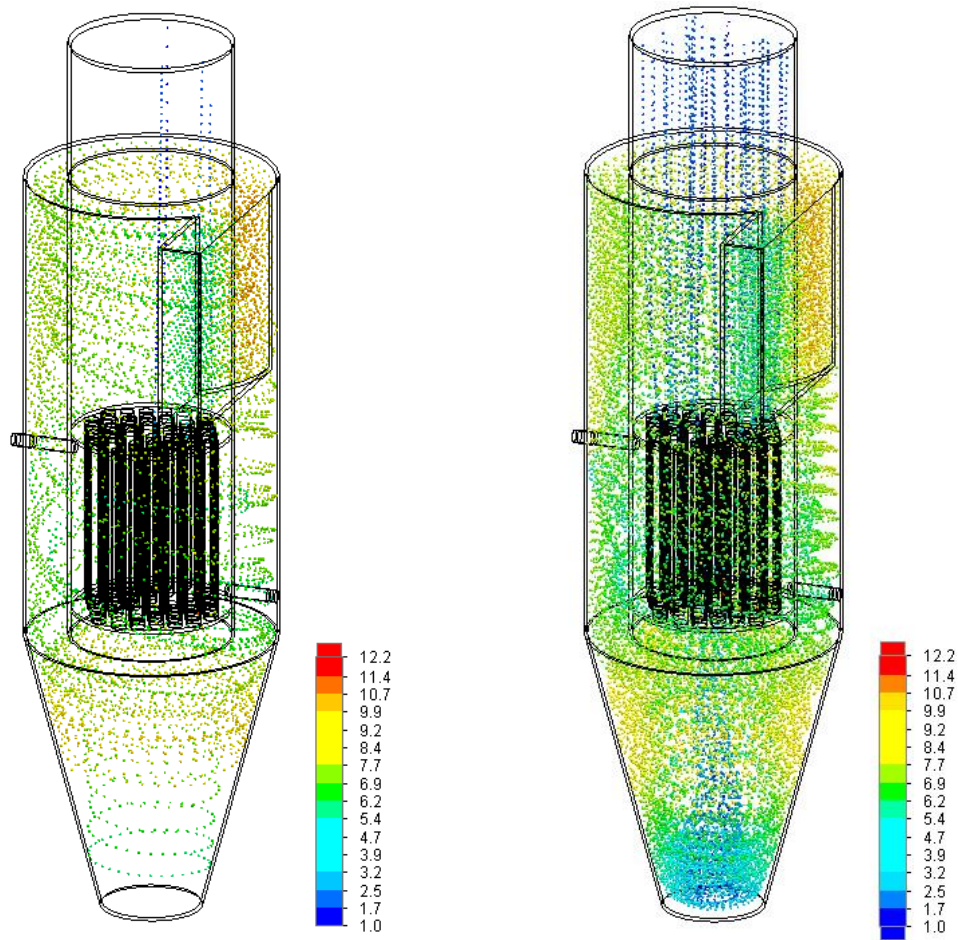


Рисунок 3.2 – Розподіл тисків (а) та швидкостей (б) в потоці

Із рис. 3.2, б видно, що швидкості руху газового потоку робочій зоні відповідають діапазону $3,1 \dots 3,5 \text{ м/с}$, що відповідає оптимальним значенням $w_{\text{опт}} = 2,5 \dots 3,5 \text{ м/с}$ [50].

Вміст високодисперсної золи у відхідних газах залежить від виду палива, його зольності і технології спалювання. Виконано дослідження впливу розмірів дисперсних частинок та температури відхідних газів на вході в циклон на ефективність циклона МЦУ. Для розрахунків вибрано матеріал–wood wool slab; кількість частинок – 100; розміри твердих частинок

змінювалися в межах 1...20 мкм. Результати моделювання для частинок розміром 2 мкм і 20 мкм показані на рис. 3.3. – 3.4.



Інтегральні параметри					
Інтегральний параметр	Значення	X-компонента	Y-компонента	Z-компонента	Площа поверхні [m ²]
Число частинок []	7				0,249541994

Інтегральні параметри					
Інтегральний параметр	Значення	X-компонента	Y-компонента	Z-компонента	Площа поверхні [m ²]
Число частинок []	42				0,249541994

Рисунок 3.3 – Швидкість в циклоні та кількість дисперсних частинок розміром 2 мкм і 20 мкм на виході з відповідної труби

Отримані результати показали, що циклон має ефективність до 40% в разі вловлювання частинок розміром менше 5 мкм. Ефективність уловлювання частинок розміром більше 20 мкм становить 99,9%. Для частинок розмірами 10 мкм...20 мкм ефективність очищення змінюється від 64% до 99,9%. В разі

збільшення температури газового потоку від 20 до 160 °С ефективність циклона зменшується на 8...10%. Тенденція до зниження ефективності роботи циклона зі збільшенням температури потоку збігається з даними [51] для циклона типу ЦН-11.

Визначено розподіл тисків в перерізах циклона та його гідравлічний опір в діапазоні значень витрати газів $V_r = 0,268...0,537 \text{ м}^3/\text{с}$. Результати показані на рис. 3.4.

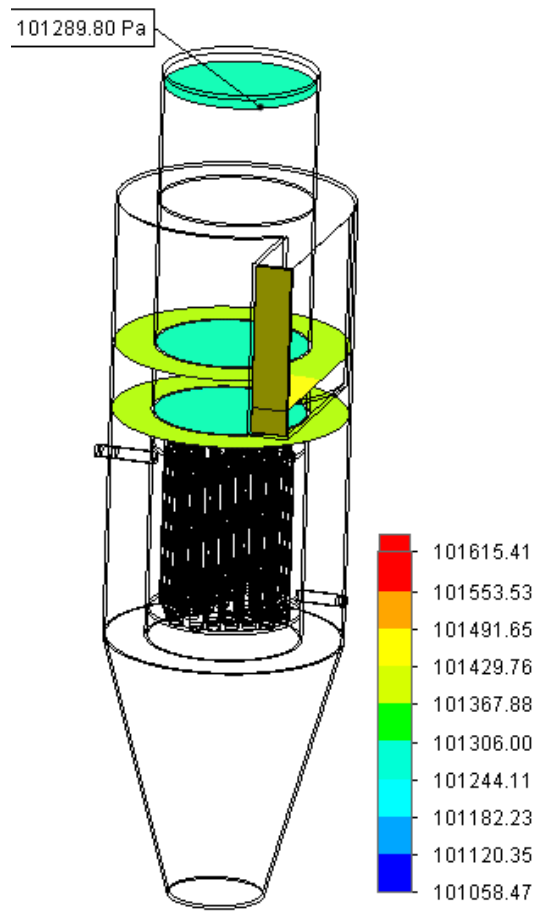


Рисунок 3.4 – Розподіл тисків в перерізах циклона

За полем тисків визначено, що гідравлічний опір циклона залежно від навантаження змінюється в діапазоні 58... 212 Па. (рис. 3.5).

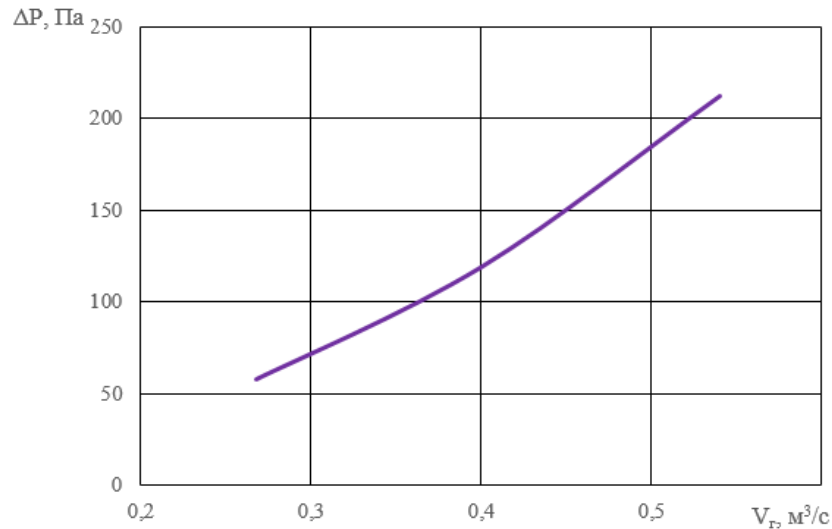


Рисунок 3.5 – Залежність втрат тиску циклона від витрати газів

Із рис. 3.5 видно, що зі збільшенням витрати запиленого потоку від 0,268 до 0,537 м³/с, що відповідає 50%...100% завантаження циклона, гідравлічний опір циклона збільшується у 4 рази.

3.2 Дослідження інтенсивності теплообміну та потужності циклона-утилізатора

Визначено розподіл коефіцієнтів тепловіддачі на поверхні теплообмінника-утилізатора та його потужність в діапазоні значень витрати газів $V_g = 0,268 \dots 0,537$ м³/с. Результати показані на рис. 3.6.

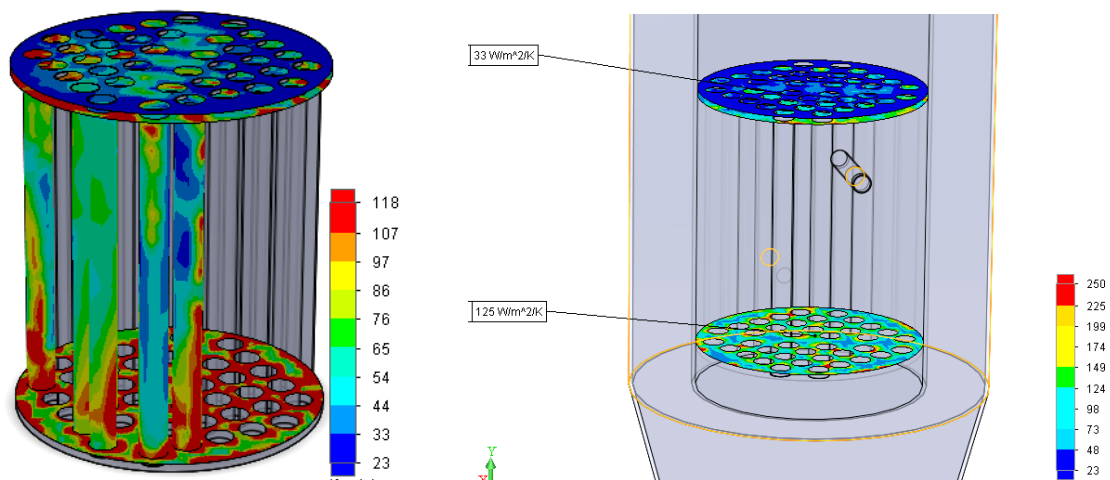


Рисунок 3.6 – Розподіл коефіцієнтів тепловіддачі зі сторони води та газів

Порівняння середніх значень коефіцієнтів тепловіддачі зі сторони води в міжтрубному просторі та зі сторони газів в середині труб, розрахованих за критеріальними рівняннями [52, 53] і отриманих за результатами моделювання, показало, що розбіжність становить не більше 10...12 %, що підтверджує адекватність комп'ютерної моделі.

Досліджено вплив витрати газів на потужність теплообмінника-утилізатора (рис. 3.7).

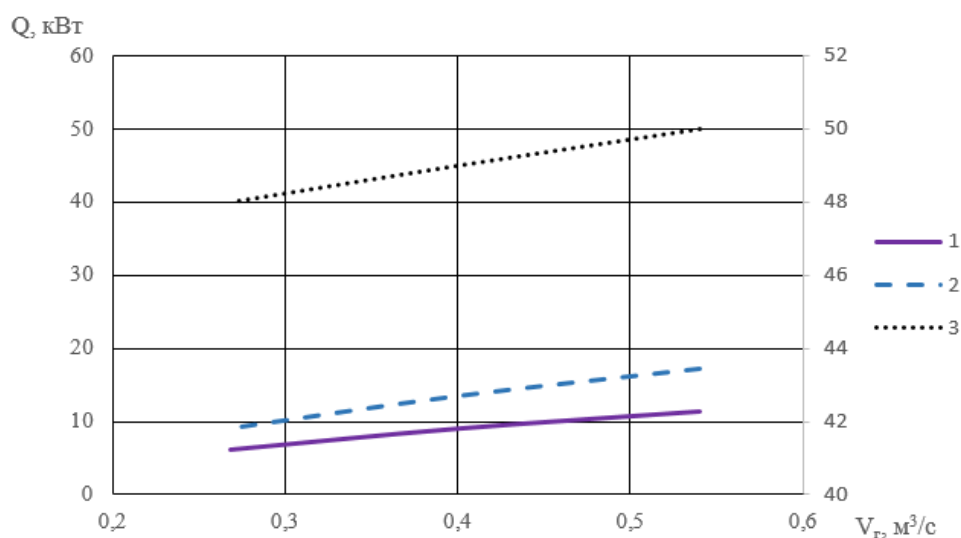


Рисунок 3.7 – Залежність потужності теплообмінника-утилізатора (1, 2) та температури води на виході (3) від витрати газів: 1 – $t'_r = 160^\circ\text{C}$, $t'_b = 47^\circ\text{C}$;
2, 3 – $t'_r = 200^\circ\text{C}$, $t'_b = 20^\circ\text{C}$.

Із рис. 3.7 видно, що зі збільшенням витрати відхідних газів від 0,268 до 0,537 $\text{м}^3/\text{с}$ потужність теплообмінника-утилізатора змінюється від 6,2 кВт до 11,4 кВт для температури газів на вході $t'_r = 160^\circ\text{C}$ і температури води на вході 47°C , підігрів води – 2...3 $^\circ\text{C}$. Об'ємна витрата газів $V_r = 0,537 \text{ м}^3/\text{с}$ відповідає номінальній продуктивності циклона. Виконано дослідження зміни потужності теплообмінника для температури газів і води на вході 200°C і 20°C , відповідно. Визначено, що в діапазоні об'ємних витрат 0,268...0,537 $\text{м}^3/\text{с}$ тепла потужність змінюється від 9,1 кВт до 17,2 кВт, а вода підігрівається на 4...6 $^\circ\text{C}$, що пояснюється низькою інтенсивністю теплообміну зі сторони газів. Наявність твердих частинок в потоці, який проходить через трубки теплообмінника-утилізатора, призводитиме до забруднення поверхні теплообміну, зменшення коефіцієнта теплопередачі і відповідно потужності теплообмінника.

3.3 Перевірний розрахунок теплообмінника-утилізатора

Площа поверхні трубчатого теплообмінника

$$F = (\pi \cdot d \cdot L \cdot n) + (\pi \cdot D \cdot H), \quad (3.1)$$

$$F = (\pi \cdot 0,051 \cdot 0,6 \cdot 40) + (3,14 \cdot 0,546 \cdot 0,6) = 4,872 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Масова витрата газів

$$G_{\Gamma} = V_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma}, \quad (3.2)$$

$$G_{\Gamma} = 0,537 \cdot 0,829 = 0,445 \text{ (кг/с)}.$$

Масова витрата води

$$G_{\text{В}} = V_{\text{В}} \cdot \rho_{\text{В}}, \quad (3.3)$$

$$G_{\text{В}} = 0,00124 \cdot 977,8 = 1,24 \text{ (кг/с)}.$$

Водяні еквіваленти

$$G_{\Gamma} \cdot C_{\text{рГ}} = 0,445 \cdot 1,085 = 0,483, \quad (3.4)$$

$$G_{\text{В}} \cdot C_{\text{рВ}} = 1,24 \cdot 4,187 = 5,19.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{k_3}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.5)$$

де α_1 і α_2 – середні коефіцієнти тепловіддачі визначені за результатами моделювання в SW FlowSimulation.

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина стінки труби $\delta_{\text{ст}} = 0,0025$ м;

$\lambda_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda_{\text{ст}} = 45$ Вт / (м·К) [53].

$$k_{\text{числ}} = \frac{1}{\frac{1}{33} + \frac{0,0025}{45} + \frac{1}{125}} = 26,1 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Відношення водяних еквівалентів

$$(G_{\Gamma} \cdot C_{\text{пр}})/(G_{\text{в}} \cdot C_{\text{рв}}) = 0,483 / 5,19 = 0,093, \quad (3.6)$$

$$kF/G_{\Gamma} \cdot C_{\text{пр}} = 26,1 \cdot 4,872/483 = 0,263. \quad (3.7)$$

З таблиць [54] визначаємо Z , $Z = 0,26$.

Температура газів на виході з теплообмінника

$$t''_1 = t'_1 - (t'_1 - t'_2) Z, \quad (3.8)$$

$$t''_1 = 200 - (200 - 70) 0,24 = 168,8 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Потужність теплообмінника-утилізатора

$$Q_{\text{ту}} = G_{\Gamma} \cdot C_{\text{пр}} \cdot (t'_1 - t''_1), \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{ту}} = 0,483 \cdot 1,085 \cdot (200 - 168,8) = 16,3 \text{ (кВт)}.$$

Температура підігрітої води на виході з теплообмінника

$$t''_B = t'_B + (t'_\Gamma - t'_B) \cdot Z \cdot \frac{G_{\Gamma} C_{\text{пр}}}{G_{\text{в}} C_{\text{рв}}}, \quad (3.10)$$

$$t''_B = 70 + (200 - 70) \cdot 0,24 \cdot \frac{0,483}{5,19} = 73 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Економія палива для середньоопалювального періоду

$$\Delta B_p = B_p - \frac{Q_{\text{кот}} - Q_{\text{ту}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (3.11)$$

$$\Delta B_p = 0,078 - \frac{711 - 16,3}{12 \cdot 0,76} = 0,002 \text{ (кг/с)}.$$

За результатами моделювання встановлено, що для температури газів на вході в утилізатор $160 \text{ }^\circ\text{C}$ теплова потужність теплообмінника $6,2 \text{ кВт}$. Тоді економія палива $0,001 \text{ кг/с}$, що відповідає $1,3\%$.

Отже, економія палива за рахунок встановлення кожухотрубчатого утилізатора теплоти відхідних газів для середньоопалювального періоду становитиме від 1,3% до 2,6%.

3.4 Висновки до розділу

Виконано моделювання аеродинаміки циклону подібного типу МЦ-У-400, який застосовується для очищення відхідних газів твердопаливного котла, що працює на паливній трісці, в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. За результатами моделювання отримано поля фізичних величин, за якими визначено ефективність очищення від твердих домішок, гідравлічний опір циклонів, потужність теплообмінника-утилізатора.

Виконано дослідження впливу розміру дисперсних частинок золи на ефективність очищення відхідних газів. За результатами встановлено, що е циклон має ефективність до 40% в разі вловлювання частинок розміром менше 5 мкм. Для золи розміром 10 мкм...20 мкм ефективність очищення збільшується від 64% до 99,9%. В разі збільшення температури газового потоку від 20 до 160 °С ефективність уловлювання зменшується на 8...10%.

Гідравлічний опір циклона змінюється від 58 до 212 Па в разі зміни витрати газів від 0,268 м³/с до 0,537 м³/с.

За результатами моделювання теплообміну в циклоні аналогічного типу МЦ-У-400 виявлено, що для заданої конструкції потужність змінюватиметься від 6,2 до 17,2 кВт, а вода підігріватиметься на 2...6 °С залежно від витрати і температури води та газів на вході в теплообмінник.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення конструкції, зменшення металоємності циклона та організації раціональних режимів роботи циклона в умовах його експлуатації для зменшення енергетичних витрат.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Технологія монтажу системи очищення відхідних газів твердопаливних котлів

4.1.1 Характеристика об'єкта монтажу

В розділі розробляється система монтажу обладнання для очищення та відведення димових газів на виході з установок енергетичних УЕАС-400 та УЕАС-630. Система очищення відхідних газів складається з двох циклонів: циклон МЦ-У 200, маса 200 кг та циклон МЦ-У 400, маса 260 кг, газоходів та димової труби.

Для видалення відхідних газів, які містять золу встановлюють димососи. В котельні встановлені димососи Д-3,5 М. Вони призначені для перекачування агресивних середовищ, за умови, що матеріал проточної частини не піддається зношуванню середовищем, що перекачується. Радіальний димосос Д-3,5М одностороннього всмоктування застосовується для видалення відхідних газів з топок котлів різної продуктивності, обладнаних ефективно діючими системами золоуловлювання. Цей димосос допускається застосовувати у технологічних установках для переміщення неагресивних газів із запиленістю потоку до 2 г/м^3 .

4.1.2 Розрахунок витрат основних і допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.

Розрахунок витрат основних та допоміжних матеріалів для монтажу системи очищення відхідних газів котельні показано у таблицях 4.1 та 4.2 [55, 56].

Таблиця 4.1 – Відомість витрат основних матеріалів

	Найменування матеріалу	Од. вим	Кіль- кість	Маса од., кг	Маса, кг
Потреба в матеріалах					
1	Циклон МЦ-У 200	шт	1	200	200
2	Циклон МЦ-У 400	шт	1	260	260
3	Димосос Д-3,5М, з ел.прив1,5 кВт	шт	2	67	134
4	Димова труба	м	20	108	2160
5	Газоходи із сталі листової, діаметр газоходів 500 мм	м	4,09	8,66	35,42
6	Газоходи з листової сталі діаметром 400 мм	м	4,09	5,95	24,32
7	Газохід (245×245)	м	6,46	5,4	34,92
8	Відвід 90° 500мм	шт	3	8	24
9	Відвід 90° 400 мм	шт	3	4,43	13,3
10	Відвід 90°(245×245)	шт	2	2,28	4,56
11	Перехід 500 ×300	шт	1	2,38	2,38
12	Перехід 400×300	шт	1	2,08	2,08
					2895

Таблиця 4.2 – Відомість витрат допоміжних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим.	К-сть	Маса од. кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
для монтажу циклонів					
1	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,2	2,2	0,44
2	Оліфа комбінована К-3	т	0,2	0,00001	0,002
3	Каболка	т	0,2	0,00001	0,002
4	Фарба земляна густо терта масляна, сурик залізний, МА-015	т	0,2	0,00002	0,004
5	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,2	0,0002	0,004
6	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,2	0,001	0,2
для монтажу димососів					
7	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е50А	т	2	0,00011	0,22
8	Порошок графітовий	кг	2	0,8	1,6
9	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	2	0,02	40
для монтажу круглих газоходів 500 мм та фасонних частин					
10	Азбестовий шнур загального призначення, діаметр 8-10мм	т	0,11	0,0084	0,924
11	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,11	7,58	0,83
12	Електроди, діаметр 2мм, марка Е42	т	0,11	0,00039	0,043
13	Болти буд. з гайками та шайбами	т	0,11	0,011	0,11
для монтажу круглих газоходів 400 мм та фасонних частин					
14	Азбестовий шнур, діаметр 8-10мм	т	0,124	0,0084	1,04
15	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,124	7,58	0,94
16	Електроди, діаметр 2мм, марка Е42	т	0,124	0,00039	0,05
17	Болти буд. з гайками та шайбами	т	0,124	0,011	1,36

Продовження таблиці 4.2

для монтажу прямокутних газоходів та фасонних частин					
18	Азбестовий шнур загального призначення, діаметр 8-10мм	т	0,073	0,0089	0,65
19	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,073	8	0,59
20	Електроди, діаметр 2мм, марка Є42	т	0,073	0,00041	0,03
21	Болти буд. з гайками та шайбами	т	0,073	0,015	1,1
для монтажу димової труби					
22	Болти з шестигранною головкою М10	т	2,16	0,0253	54,65
23	Цвяхи будівельні з плоскою голівкою 1,8*60мм	т	2,16	0,00001	0,0216
24	Канати пенькові просочені	т	2,16	0,0001	0,216
25	Розчинник для лакофарбних матеріалів N-649	т	2,16	0,00006	0,13
26	Електроди діаметр 8 мм, марка Є46	т	2,16	0,0207	44,7
27	Шпали просочені для залізничних доріг широкої колії обрізні і не обрізні хвойні	шт	2,16	85	183,6
28	Окремі конструктивні елементи будівель і споруджень	т	2,16	0,0105	22,7
29	Грунтовка ГФ-0,21 червоно коричнева	т	2,16	0,00031	0,67
					356,73 кг

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума основного обладнання, допоміжного обладнання, пристроїв та інструментів.

Загальна маса

$$M_{\text{заг.}} = M_{\text{осн}} + M_{\text{мат}} = 2895 + 356,73 = 3251,73 \text{ (кг)}.$$

4.1.3 Визначення складу і об'єму робіт

4.1.3.1 Визначення складу робіт.

Склад робіт:

1. Доставка матеріалів, основного і допоміжного обладнання до місця монтажу.
2. Розмітка місць газоходів, які прокладаються до циклонів.
3. Монтаж циклонів-утилізаторів МЦ-У 200 та МЦ-У 400.
4. Монтаж димососів Д-3,5М з ел. приводом 1,5 кВт.
5. Монтаж газоходів та фасонних частин.
6. Монтаж димової труби.
7. Пневматичне випробування газоходів.
8. Перше робоче випробування системи.
9. Робоча перевірка системи в цілому та здавання в експлуатацію.
10. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.1.3.2. Визначення об'ємів робіт.

Об'єм робіт:

1. Доставка основного і допоміжного обладнання та матеріалів до місця монтажу. Загальна вага усіх деталей 3290 кг. Одиниці вимірювання в тоннах. Приймаємо об'єм $V=3,29$.
2. Розмітка місць прокладання газоходів. Довжина всієї мережі газоходів становить 18,24 м. Одиниці вимірювання 100 м. Приймаємо $V = 0,1824$.
3. Монтаж циклона типу МЦ-У 200 та МЦ-У 400. До монтажу приймаємо 2 циклона. Одиниці вимірювання в 10 шт. Отже, приймаємо $V=0,2$.
4. Монтаж димососа Д-3,5 М з електричним приводом 1,5 кВт. Одиниці вимірювання в штуках, до монтажу приймаємо 2 димососи. Отже $V=2$.
5. Монтаж газоходів та фасонних частин. Загальна площа газоходів і їх елементів становить 30,7 м². Одиниці вимірювання 100м². Отже $V= 0,307$.
6. Монтаж димової труби. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=2,16$.

7. Випробування газоходів. Довжина всієї мережі газоходів становить 18,24 м. Одиниці вимірювання 100м. Приймаємо $V = 0,1824$.

9. Перше робоче випробування системи. Довжина всієї мережі газоходів складає 18,24 м. Одиниці вимірювання 100м. Приймаємо $V = 0,1824$.

10. Робоча перевірка системи в цілому та здавання в експлуатацію. Довжина всієї мережі газоходів становить 18,24 м. Одиниці вимірювання 100м. Приймаємо $V = 0,1824$.

11. Повернення допоміжного обладнання на склад. Маса всього обладнання 37,55 кг. Одиниці вимірювання в тоннах. Приймаємо $V=0,03755$.

4.1.3.3. Вибір і обґрунтування методів виконання робіт.

Якість монтажних робіт першочергово залежить від своєчасної підготовки виробництва. Під час монтажу систем очищення димових газів необхідно суворо дотримуватися технічних умов і правил.

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться вантажним автомобілем MAN 2456. Загальна вага усіх деталей становить 3290 кг, тому доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за один раз. Технічні характеристики вантажного автомобіля показані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики вантажного автомобіля Mercedes Benz Ахор 2543 [57]

Найменування	Од.виміру	Значення
Витрата палива	л/100 км	25
Вантажопідйомність	кг	8000
Габарити:		
Довжина	мм	6700
Ширина		2489
Висота		2400
Маса	кг	10425

Витрата палива для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 30 (км);
- витрата палива $Q = 25$ (л/100км);
- кількість поїздок $n = 2$.

Необхідна кількість пального для доставки

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

$$Q_{\text{п}} = 25/100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 30 = 30 \text{ (л)}.$$

Для зварювання стиків трубопроводу застосовується апарат для ручного дугового зварювання Jasic ARC 200. Технічні характеристики зварювального апарата показані в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики зварювального апарата Jasic ARC 200 [58]

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Номінальна напруга	В	220
Номінальний струм	А	200
Діаметр звар. елемента	мм	1 – 4
Споживана потужність	кВт	6,58
Маса	кг	5,8

Для підйомно-транспортних робіт вибираємо автокран КАМАЗ КС-37714К-3. Технічні характеристики автокрана показані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики автокрана КАМАЗ КС-37714К-3 [59]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	16
Виліт стріли	м	18
Витрата палива	л/люд.год	6
Маса	т	20

Для виконання монтажних робіт використовуємо інструменти (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Інструменти та пристосування для монтажу системи газопроводів та трубопроводів

Найменування	ГОСТ, марка	К-сть, шт.	Заг.маса кг
Комбіновані плоскогубці	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Гайковий ключ двосторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Слюсарний молоток	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Вимірвальна стрічка, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Слюсарне зубило довжиною 0,2 м	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Всього:			11,75

Загальна маса допоміжного обладнання складає 38,55 кг.

4.1.3.5 Витрати паливних і енергетичних ресурсів.

Витрати електроенергії

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

де P – потужність приладу або механізму, кВт;

τ – час роботи приладу, год.

Тривалість роботи зварювального апарата

$$\tau = 0,2 \cdot 0,34 + 2 \cdot 2,7 + 0,11 \cdot 2,06 + 0,124 \cdot 2,62 + 0,073 \cdot 2,62 + 2,16 \cdot 23,8 = 57,8 \text{ (год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального апарата Jasic ARC 200

$$N = 6,58 \cdot 6,44 = 380,6 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи крана КАМАЗ КС-37714К-3

$$\tau = 0,2 \cdot 0,68 + 2 \cdot 0,39 + 0,11 \cdot 0,71 + 0,124 \cdot 0,71 + 0,073 \cdot 0,83 + 2,16 \cdot 1,18 = 3,7 \text{ (год)}.$$

Необхідна кількість палива

$$Q = 3,7 \cdot 6 = 22,2 \text{ (л)}.$$

4.1.4 Визначення складу бригад і трудомісткості виконання монтажних робіт

4.1.1. Склад бригад.

Склад бригад визначимо згідно нормативних документів [60–62].

1. Доставка основного та допоміжного обладнання і матеріалів до місця монтажу. Водій і 2 вантажники.
 2. Розмітка місць прокладання газоходів. Один монтажник 4 р.
 3. Монтаж циклонів МЦ-У 200 та МЦ-У 400. Три монтажники: 6, 4, 3 розряд.
 4. Монтаж димососа Д-3,5М з ел. приводом 1,5 кВт. Чотири монтажники: 5, 4, 3, 2 розряд.
 5. Монтаж газоходів та фасонних частин. Монтажники 5, 4, 3, 2 розряд.
 6. Монтаж димової труби. Два монтажники 6 і 2 р.
 7. Пневматичне випробування газоходів. Два монтажники 6 і 2 р.
 8. Перше робоче випробування системи. Два монтажники 6 і 2 р.
 9. Робоча перевірка системи та здавання в експлуатацію. Три монтажники: 6, 5, 4 розряд.
 10. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій та вантажник.
- ##### 4.1.4.2 Трудомісткість виконання монтажних робіт.

Трудомісткість монтажних робіт

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

де B – кількість годин в зміні, год.

V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю вимірювання, люд.-год;

Тривалість монтажних робіт

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

де n – кількість робітників, люд

Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні.

Результати розрахунку показані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Од виміру	Об'єми робіт	Норма часу люд.-год	Трудомісткість, люд.-год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка основного та допоміжного обладнання і матеріалів до місця монтажу	т	3,29	3,1	1,27	0,42	3	Робітник 4р.-1 3р.-1 1 водій
2	Розмітка місць прокладання газоходів	100 м	0,1824	1,6	0,036	0,036	1	4 р.
3	Встановлення циклонів МЦ-У 200 та МЦ-У 400	10 шт	0,2	59,84	1,5	0,5	3	4,6,3 розряд
4	Монтаж димососа Д-3,5М з ел. прив. 1,5кВт	шт	2	35	8,75	2,2	4	2,3,4,5 розряд
5	Монтаж газоходів та фасонних частин	100 м ²	0,307	207,4	7,95	1,98	4	2,3,4,5 розряд
6	Монтаж димової труби	т	2,16	83,52	22,5	5,64	2*2	4,6 розряд
7	Пневматичне випробування газоходів	100м	0,1824	0,145	0,0033	0,0016	2	4,6 розряд
8	Перше робоче випробування системи	100м	0,1824	0,145	0,0033	0,0016	2	4, 6 розряд
9	Робоча перевірка системи в цілому та здача в експл.	100	0,1824	0,096	0,021	0,0007	3	4, 5, 6 розряд
10	Повернення доп.обладнання на склад	т	0,0375	0,376	0,0017	0,0009	2	1вантажник 1 водій

4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської роботи розробляються заходи з охорони праці та цивільного захисту в процесі експлуатації водогрійної котельні на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт. Під час виконання робіт персонал попадає під вплив різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Котельня має у своєму складі велику кількість обладнання з різною виробничою потужністю, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Аварії машин і механізмів, які використовуються в котельні, а також невиконання правил по їх безпечній експлуатації може призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю технологічного персоналу через небезпеку професійних захворювань і травмувань під час роботи.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює експлуатацію обладнання котельні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: фізичні, хімічні та трудового процесу [63, 64].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно фіброгенної дії (сажа, пил), оксид вуглецю, феноли тощо.

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у

просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.2.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення обладнання котельні та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні котельні є струмопровідною.

Для управління та обслуговування котлів, трубопроводів і допоміжного устаткування (живильних насосів, установок золовидалення тощо) роботодавець зобов'язаний призначити операторів, що мають посвідчення на право обслуговування котлів даного типу. До обслуговування котлів можуть бути допущені особи, не молодші за 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та атестацію в установленому порядку відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05 (z0231-05).

Періодичні перевірки знань мають проводитися не рідше одного разу на рік. Позачергова перевірка знань проводиться:

- при переході на інше підприємство;
- у випадку переведення на обслуговування котлів іншого типу;
- при переведенні котла на спалювання іншого виду палива;
- при перерві в роботі більше 6 місяців;
- за рішенням адміністрації або за вимогою інспектора Держнаглядохоронпраці.

Улаштування приміщень та горищних перекриттів над котлами не допускається. При встановленні котлів всередині виробничих приміщень, місце встановлення відокремлюється перегородками на всю висоту котла, але не

нижче 2 м, з улаштуванням дверей. Місце розташування та напрямки відчинення дверей визначаються проектною організацією. Перегородки виконуються з незапалювальних матеріалів.

В будівлях котельної розміщуються побутові та службові приміщення для обслуговуючого персоналу відповідно до санітарних норм. Розміщення будь-яких інших приміщень, а також майстерні, які не призначені для ремонту котельного устаткування, забороняється.

На кожному поверсі приміщення котельної має бути зроблено не менше двох виходів, розміщених в протилежних боках приміщення. Допускається один вихід, якщо площа поверху є меншою 200 м та має бути другий евакуаційний вихід на зовнішні стаціонарні сходи, а в одноповерхових котельних – при довжині приміщення по фронту котлів не більше 22 м.

Виходом із приміщення котельної вважається як безпосередній вихід назовні, так і вихід через сходову клітку чи тамбур. Вихідні двері з приміщення котельної повинні відкриватися назовні від натиску руки, не мати запорів із котельної та під час роботи котлів, не замикатися. Вихідні двері з котельної в службові, побутові, а також допоміжно-виробничі приміщення повинні забезпечуватися пружинами та відкриватися в бік котельної. На кожних вхідних дверях приміщення котельної з зовнішнього боку повинен бути напис «Стороннім вхід заборонено».

Біля воріт приміщення котельної, через які проводиться подання палива і вилучення золи та шлаку, необхідно встановлювати тамбур чи повітряну теплову завісу відповідно до вимог НД.

Приміщення котельної повинні бути забезпечені достатнім природним світлом, а в нічний час – електричним освітленням. Підлягають обов'язковому обладнанню аварійним освітленням наступні місця:

- фронт котлів, а також проходи між котлами, позаду котлів та над котлами;
- щити та пульти управління;
- водовказівні та вимірювальні пристрої;

- зольні приміщення; вентиляторні площадки;
- устаткування водопідготовки; площадки та драбини котлів;
- насосні приміщення.

Робоче та аварійне освітлення, електричне устаткування і його заземлення повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). У приміщеннях котельної при висоті встановлення світильників загального освітлення над підлогою або площадками обслуговування менше 2,5 м повинні влаштовуватися світильники закритого виконання.

Ширина проходів між котлами, між котлом і стіною приміщення повинна бути не менше 2 м, ширина проходу між окремими виступаючими частинами котлів та виступаючими частинами споруди, сходами, робочими майданчиками та іншими виступаючими конструкціями – не менше 0,7 м.

Для парових котлів паропроductивністю 2 тони/год і вище і водогрійних теплопродуктивністю 2,26 МВт (2 Гкал/год) і вище, працюючих на твердому паливі, подання палива в котельну і в топку котла має бути механізоване, а для котельних із загальним виходом шлаку і золи котлів у кількості 250 кг/год і більше (незалежно від продуктивності котлів) має бути механізоване вилучення шлаку і золи.

При ручному золовидаленні шлакові та зольні бункери повинні забезпечуватись пристроями для заливання золи і шлаку водою в самих бункерах чи вагонетках. В цьому випадку під бункерами обов'язково повинні бути влаштовані ізольовані камери для встановлення вагонеток. Камери повинні мати двері, які щільно закриваються, належну вентиляцію і відповідне освітлення, а двері камери мають бути із зашклюденими вічками.

Котельня повинна бути обладнана засобами пожежогасіння відповідно до норм на протипожежне устаткування і реманент, установлених Правилами пожежної безпеки в Україні ДНАОП 0.02-2.02-95.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів

конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

4.2.1.2 Електробезпека

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок [66, 67].

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізолюваних проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна – для силових ланцюгів; червона – для ланцюгів керування.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовують основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачах навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: «Не вмикати – працюють люди». На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: «Не відкривати – працюють люди».

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивіщується плакат «Працювати тут».

4.2.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.2.1 Мікроклімат.

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [68].

Мікроклімат котельні характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота з обслуговування котельного обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Пб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

Приміщення, де розміщені котли, зольні приміщення, а також всі допоміжні і побутові приміщення повинні бути обладнані природною і штучною вентиляцією, а також, при необхідності, опаленням [69]. Вентиляція котельної повинна забезпечувати видалення шкідливих газів, пилу, подачу

приточного повітря і підтримку температурних умов відповідно до вимог санітарних норм.

Приміщення котельної, котли і все обладнання треба тримати в справному стані і чистоті. Проходи в котельному приміщенні і виходи з нього повинні бути завжди вільними.

4.2.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

При завантаженні палива в топку виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил, сажа, оксиди вуглецю, бензоли та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах та знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [68] наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Сажа	0,15	0,05	3
Вуглецю окис	3	1	4
Бензол	1,5	0,8	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [69]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;

- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;

- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

4.2.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [70], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока

пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

4.2.2.4 Виробничий шум

На підприємстві джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи [9]: нормування за гранично допустимим спектром шуму; нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами [71] та наведені в таблиці 4.11.

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

4.2.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [63]. Робота оперативно-ремонтного персоналу під час експлуатації котельні потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 35 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 60000; при регіональному навантаженні (участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 140 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань

з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

4.2.3 Оцінка наслідків вибуху пилоповітряної суміші у випадку аварії у водогрійній котельні

4.2.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху пилоповітряної суміші

Надлишковий тиск вибуху пилоповітряної суміші ΔP , кПа, розраховується за формулою:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_H},$$

де коефіцієнт Z участі пилу у завислому стані (аерозоль) у вибуху, що розраховується за формулою:

$$Z = 0,5 \cdot F,$$

де F – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечним. Приймаємо $Z = 0,5$.

H_T – теплота згоряння, $H_T = 17000$ кДж/кг (для бурого вугілля).

P_0 – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа).

C_p – теплоємність повітря, $C_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹.

T_0 – початкова температура повітря, К.

Розрахункову масу пилу, що знаходиться у стані аерозолі в об'ємі приміщення в результаті аварійної ситуації, m , кг, визначаємо за формулою:

$$m = m_{зв} + m_{ав},$$

де $m_{зв}$ – розрахункова маса частини відкладеного у приміщенні пилу, що перейшла у стан аерозолі, кг;

$m_{ав}$ – розрахункова маса пилу, що надійшла до приміщення в результаті аварійної ситуації з апаратів та технологічного обладнання, кг.

Розрахункову масу пилу, що перейшов у стан аерозолі, $m_{зв}$ визначаємо за формулою:

$$m_{зв} = K_{зв} \cdot m_{п},$$

де $K_{зв}$ – частка пилу, що відклався у приміщенні, яка здатна перейти у стан аерозолі в результаті аварійної ситуації. Приймаємо $K_{зв} = 0,9$;

$m_{п}$ – маса пилу, що відклалась у приміщенні до моменту аварії.

$$m_{п} = 3600(\gamma_{п.д.} \cdot F_{д} \cdot n_{д} + \gamma_{п.в.} \cdot F_{в} \cdot n_{в})(1 - K_{пр})K_{г} \cdot t_p,$$

де $F_{д}$, $F_{в}$ – площа доступної та важкодоступної поверхні при прибиранні пилу відповідно (доступною для прибирання вважатимемо 90% площі приміщення котельні, а саме $F_{д} = 38$ м²);

t_p – тривалість одного циклу пиловиділення (зміни), $t_p = 24$ год;

$n_{д}$, $n_{в}$ – кількість циклів роботи обладнання між поточними на доступних та генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях відповідно;

$K_{пр}$ – коефіцієнт ефективності пилоприбирання;

K_r – частка горючого пилу в загальній масі відкладень, $K_r = 0,9$;

$\gamma_{п.д.}, \gamma_{п.в.}$ – інтенсивність відкладення пилу на доступних та важкодоступних поверхнях відповідно, $\gamma_{п.д.} = 6,6 \cdot 10^{-7}$ кг/с·м².

Технологічний процес по завантаженню та розвантаженню палива ручний, видалення пилу виконується тільки вручну, тому в розрахунку приймаємо, що вся площа накопичення пилу (робоча поверхня сушарки та навколишній простір) є доступною з ефективністю пилоприбирання $K_{пр} = 0,6$.

$$m_{п} = 3600(6,6 \cdot 10^{-6} \cdot 38 \cdot 1 + 6,6 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 7)(1 - 0,6)0,9 \cdot 24 = 4,105 \text{ (кг)}.$$

Отже, розрахункова масу пилу, що перейшов у стан аерозолу, становить:

$$m_{зв} = 0,9 \cdot 4,105 = 3,695 \text{ (кг)}.$$

Розрахункову масу пилу, що потрапила до приміщення з апарата в результаті аварійної ситуації, $m_{ав}$, визначаємо за формулою:

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot \tau) \cdot K_{п},$$

де $m_{ап}$ – маса горючого пилу, що викидається до приміщення з апарата (5% максимальної кількості палива в топці), $m_{ап} = 30$ кг (при заповненні паливом на 50% від об'єму топки);

q – витрата, з якою продовжують надходити пилоподібні речовини до аварійного апарата до моменту припинення, $q = 0,1$ кг·с⁻¹ (за завданням);

τ – час перекривання, $\tau = 30$ с;

$K_{п}$ – коефіцієнт пилення, для пилу з дисперсністю менше ніж 350 мкм приймаємо $K_{п} = 1,0$.

$$m_{ав} = (30 + 0,1 \cdot 30) \cdot 1 = 33 \text{ (кг)}.$$

Отже, розрахункова масу пилу, що знаходиться у стані аерозолу складає:

$$m = 33 + 3,695 = 39,95 \text{ (кг)}.$$

Розрахуємо вільний об'єм приміщення (розміри приміщення за завданням):

$$V_B = 6 \times 7 \times 4,5 \times 0,9 = 170,1 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Розрахуємо густину повітря при температурі 25° С до вибуху:

$$\rho_B = \frac{352}{t_{\text{п}} + 273} = \frac{352}{25 + 273} = 1,18 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Розрахуємо надлишковий тиск вибуху:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_H} = \frac{39,95 \cdot 17000 \cdot 101 \cdot 0,5}{170,1 \cdot 1,18 \cdot 1,01 \cdot (25 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 189 \text{ (кПа)}.$$

Отже, в технологічному процесі обертається вибухопожежо-небезпечний пил, який при виникненні аварії може вибухнути, створивши надлишковий тиск 189 кПа. Вибух такої потужності може призвести до повного руйнування легких та слабкого руйнування капітальних будівельних конструкцій.

4.2.3.2 Заходи запобігання вибухів пилу

Для запобігання вибухонебезпечних ситуацій приймається комплекс заходів, які залежать від виду палива, що використовується.

Для захисту застосовуються автоматичні системи захисту, метою яких є: сигналізація і оповіщення про аварійні ситуації; виведення з перед аварійного стану потенційно небезпечного обладнання при порушенні регламентних параметрів (температури, тиску, складу, швидкості); виявлення загазованості виробничих приміщень та автоматичного включення пристроїв, що

попереджають про утворення суміші газів і парів з повітрям вибухонебезпечних концентрацій.

Джерелами аварій можуть бути припинення подачі електроенергії, зниження подачі пари і води в трубопроводах, у результаті чого порушується технологічний режим і створюються надзвичайно небезпечні аварійні ситуації. У зв'язку з цим вживаються заходи по надійному забезпеченню енергопостачання обладнання, удосконалення технологічних засобів, що забезпечують його безпечну зупинку і наступний пуск.

Неодмінною умовою надійної безаварійної роботи будь-якого обладнання є висока професійна підготовленість штатного персоналу, а також спеціальних аварійних бригад, які здійснюють ремонт, нагляд та ліквідацію аварій.

Вибуху великих обсягів пилоповітряних сумішей, як правило, передують невеликі місцеві удари і локальні вибухи всередині обладнання і апаратури. При цьому виникають слабкі ударні хвилі, струшуючі і піднімаючі у повітря великі маси пилу, що накопичилися на поверхні підлоги, стін і обладнання. Щоб виключити вибух пилоповітряних сумішей, необхідно не допускати значних скупчень пилу.

Ініціатором практично всіх вибухів газо-, паро-і пилоповітряних сумішей є іскра, тому там, де можливе утворення цих сумішей, необхідно забезпечувати надійний захист від статичної електрики, передбачати заходи проти іскріння електроприладів та іншого обладнання.

Будь-яке обладнання підвищеного тиску повинно бути укомплектовано системами вибухозахисту, які припускають: застосування обладнання, розрахованого на тиск вибуху; застосування гідрозатворів, вогнеперепиначів, інертних або парових завіс; захист апаратів від руйнування під час вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм

і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання та інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки і т.п.

4.3 Висновки до розділу

В розділі проведено аналіз умов праці, розроблено вимоги до виробничої санітарії, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та заходи з електробезпеки, проаналзовано заходи запобігання вибухів пилу.

В технологічному процесі обертається вибухопожежо-небезпечний пил, який при виникненні аварії може вибухнути, створивши надлишковий тиск 189 кПа.

Розроблено технологію монтажу системи очищення відхідних газів водогрійної котельні потужністю 1 МВт. Виконано компоновку обладнання та схеми прокладання газоходів.

Загальна маса всіх вантажів становить $M_{\text{заг}} = 3290$ (кг), маса основного обладнання, що встановлюється в котельні, становить $M_{\text{осн}} = 2895$ (кг), допоміжного обладнання – $M_{\text{доп}} = 357$ кг.

Вибрані механізми, машини і пристосування для виконання монтажних робіт. Описана технологія монтажу циклона.

Після проведення розрахунків розроблено календарний графік монтажу системи відведення та очищення відхідних газів котельні. Загальна тривалість монтажу обладнання $T_{\text{заг}} = 11$ днів.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно оцінити економічну ефективність інвестицій у влаштування нового обладнання у водогрійній котельні.

5.1 Локальний кошторис

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 «Правила визначення вартості будівництва» і використовували кошторисну програму «АВК».

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (табл. 5.1) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН); кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 18 до Настанови з визначення вартості будівництва.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно–монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно–монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

**Таблиця 5.1 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-25
на енергетичні установки**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 1716,992 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,848 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 59,124 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "2 грудня" 2020 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.			
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин			
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
												на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	M6-52-1	Монтаж енергетичної установки УЕАС 400	т	2,5	<u>4252,68</u> 3708,58	<u>439,80</u> 85,38	10632	9271	<u>1100</u> 213	<u>48,02</u> 3,9672	<u>120,05</u> 9,92		
2	C130-4 варіант 22	Енергетична установка УЕАС 400	шт	1	<u>732327,64</u> -	<u>-</u> -	732328	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -		
3	M6-52-1	Монтаж енергетичної установки УЕАС 630	т	2,5	<u>5317,20</u> 4480,88	<u>722,31</u> 110,23	13293	11202	<u>1806</u> 276	<u>58,02</u> 5,0592	<u>145,05</u> 12,65		
4	C130-4 варіант 23	Енергетична установка УЕАС 630	шт	1	<u>834337,84</u> -	<u>-</u> -	834338	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -		
5	C1630-1053 варіант 8	Циклони МЦУ - 200	шт	1	<u>28503,47</u> -	<u>-</u> -	28503	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -		
6	C1630-1054 варіант 2	Циклони МЦУ-400	шт	1	<u>29163,55</u> -	<u>-</u> -	29164	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -		
7	M4-161-1	Монтаж циклона МЦУ-200	шт	1	<u>15141,88</u> 12054,24	<u>2610,15</u> 949,66	15142	12054	<u>2610</u> 950	<u>158,4</u> 49,7922	<u>158,4</u> 49,79		
8	M4-161-2	Монтаж циклона МЦУ-400	шт	1	<u>20902,13</u> 16492,61	<u>3689,74</u> 1345,83	20902	16493	<u>3690</u> 1346	<u>219,2</u> 70,6231	<u>219,2</u> 70,62		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом прямі витрати по кошторису					1684302	49020	<u>9206</u>		<u>642,7</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					1684302		2785		142,98
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					1626076				
		всього заробітна плата, грн.					51805				
		Загальновиробничі витрати, грн.					32690				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					62,08				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					7319				
		Всього будівельні роботи, грн.					1716992				

		Всього по кошторису					1716992				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					848				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					59124				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

5.2 Загальні витрати інноваційного проекту та термін окупності

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 5.2, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису таблиці 5.1).

Таблиця 5.2 – Перелік інноваційних витрат

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	17,17
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	3,43
Техніко–економічне обґрунтування	1,5	3	25,75
Проектування	2,5	4	42,92
Експертиза інноваційного рішення	1	1	17,17
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу–хау, технологій	2	2	34,34
Виготовлення нового виробу	100	6	1716,99
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко–економічних показників	3	1	51,51
Витрати на підготовку кадрів	5	2	85,85
Всього		21	1995,14

Показники комерційної ефективності проекту (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-140,79	-1985,35	1124,31	1128,36	1121,50	1114,64	1152,26
2	Сальдо реальних грошей	-140,79	-1516,33	1124,31	1086,13	1079,27	1076,53	1118,27
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-140,79	-1657,12	-532,82	553,31	1632,57	2709,10	3827,38
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість	-163,32	-1985,35	969,23	838,55	718,50	615,61	548,61
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-163,32	-2148,67	-1179,44	-340,89	377,61	993,21	1541,82

З таблиці 5.3 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на протязі п'яти років реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту.

Чисті грошові надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t – чистий грошовий потік на t -ому році; R_t – результат виручки у t -й рік; Z_t – витрати у t -й рік; N_t – податки у t -й рік; K_t – інвестиції у t -й рік; T_p – розрахунковий період.

$$NV = 3514,92 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де $\eta_t = 0,16$ – коефіцієнт дисконтування.

$NPV = 1541,82$ тис. грн.

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримують доходів на вкладений капітал.

Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності інвестицій

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t, \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом.

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t – го періоду, грн., CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн. Розрахунок представлений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-	-	-	-	-	-	-
	140,7933	1985,35	1124,31	1128,36	1121,50	1114,64	1152,26
Кумулятивна	-	-	-	-	-	-	-
	140,7933	2126,14	-1001,84	126,52	1248,01	2362,65	3514,92

Як видно з таблиці 5.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати:

$$T = 1 + 1001,84/1128,36 = 1,88 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу

Склали кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі визначені наступні величини:

- кошторисна вартість $K_s = 1716,992$ тис. грн.
- кошторисна заробітна плата ЗП = 59,124 тис. грн.
- кошторисна трудомісткість $T = 0,848$ тис. люд –год
- вартість матеріалів – 1626,076 тис. грн.

Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект:

- чисті грошові надходження – 3514,92 тис. грн.;
- чиста поточна вартість – 1541,82 тис. грн.;
- термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 1,88 роки.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблені рішення щодо заміщення природного газу, як джерела енергії, у водогрійній котельні потужністю 1 МВт у м. Бердичів.

Виконані розрахунки існуючої теплової схеми водогрійної котельні для найбільш холодної п'ятиденки, середньоопалювального та літнього режиму. Визначені витрати потоків, умовного та робочого палива – природного газу, яка становить 0,033, 0,023 та 0,013 м³/с відповідно. Собівартість виробництва теплової енергії котельнею на природному газі становить 530,5 грн/ГДж.

Виконано варіантний аналіз заходів щодо заміщення природного газу в котельні, як джерела теплової енергії. Показано, що доцільним варіантом є переведення котельні на альтернативні види палива, зокрема відновлювані. Виявлено, що в разі переведення котельні на спалювання паливної тріски собівартість теплової енергії становитиме 229,7 грн/ГДж, річна економія коштів становитиме 5,026 млн.грн, простий термін окупності капіталовкладень 0,7 року. Для подальшої розробки прийнято варіант встановлення двох котельних установок, які працюють на паливній трісці.

Підібрано основне обладнання в складі установок УЕАС-400 та УЕАС-630, які можуть працювати на паливних гранулах з деревини, брикетах, паливній трісці, та системи очищення відхідних газів МЦ-У-200 та МЦ-У-400. Визначено висоту і діаметр димової труби, які становлять 16 м і 600 мм відповідно.

Виконано моделювання аеродинаміки циклону подібного типу МЦ-У-400, який застосовується для очищення відхідних газів твердопаливного котла, що працює на паливній трісці, в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. За результатами моделювання отримано поля фізичних величин, за якими визначено ефективність очищення від твердих домішок, гідравлічний опір циклонів, потужність теплообмінника-утилізатора.

Виконано дослідження впливу розміру дисперсних частинок золи на ефективність очищення відхідних газів. За результатами встановлено, що циклон має ефективність до 40% в разі вловлювання частинок розміром менше 5 мкм. Для золи розміром 10 мкм...20 мкм ефективність очищення збільшується від 64% до 99,9%. В разі збільшення температури газового потоку від 20 до 160 °С ефективність уловлювання зменшується на 8...10%.

Встановлено, що гідравлічний опір циклона змінюється від 58 Па до 212 Па в разі зміни витрати газів від $0,268 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,537 \text{ м}^3/\text{с}$.

За результатами моделювання теплообміну в циклоні типу МЦ-У виявлено, що для заданої конструкції потужність змінюватиметься від 6,2 до 17,2 кВт, а вода підігріватиметься на $2 \dots 6 \text{ }^\circ\text{C}$ залежно від витрати і температури води та газів на вході в теплообмінник. Економія палива за рахунок встановлення кожухотрубчатого утилізатора теплоти відхідних газів для середньоопалювального періоду становитиме від 1,3% до 2,6%.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення конструкції, зменшення металоємності циклона та організації раціональних режимів роботи циклона в умовах його експлуатації для зменшення енергетичних витрат.

В розділі розроблено технологію монтажу системи очищення відхідних газів водогрійної котельні потужністю 1 МВт. Виконано компоновку обладнання та схеми прокладання газоходів.

Загальна маса всіх вантажів становить $M_{\text{заг}} = 3290 \text{ (кг)}$, маса основного обладнання, що встановлюється в котельні, становить $M_{\text{осн}} = 2895 \text{ (кг)}$, допоміжного обладнання – $M_{\text{доп}} = 357 \text{ кг}$.

Вибрані механізми, машини і пристосування для виконання монтажних робіт. Описана технологія монтажу циклона.

Після проведення розрахунків розроблено календарний графік монтажу системи відведення та очищення відхідних газів котельні. Загальна тривалість монтажу обладнання $T_{\text{заг}} = 11 \text{ днів}$.

Визначено техніко-економічні показники роботи котельні на відновлюваному виді палива – трісці деревини. Собівартість виробництва теплової енергії становить $229,7 \text{ грн/ГДж}$. Простий термін окупності додаткових капіталовкладень $0,7 \text{ року}$, дисконтний – $1,88 \text{ року}$.

В розділі проведено аналіз умов праці, розроблено вимоги до виробничої санітарії, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та заходи з електробезпеки, проаналізовано заходи запобігання вибухів пилу.

В технологічному процесі обертається вибухопожежо-небезпечний пил, який при виникненні аварії може вибухнути, створивши надлишковий тиск 189 кПа .

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Резидент Н. В., Степанова Н. Д., Кордонський Н. В. Дослідження аеродинаміки циклона в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. Іноваційні технології в будівництві : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16793/13993> (дата звернення: 30.09.2022).
2. Резидент Н. В., Дземух О. О., Кордонський Н. В. Впровадження відновлюваних джерел енергії в опалювальних котельнях. Енергоефективність в галузях економіки України : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14052/11895> (дата звернення: 30.09.2022).
3. Bhattarai U., Maraseni T., Apan A. Assay of renewable energy transition: A systematic literature review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722022525>. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155159> (дата звернення: 30.09.2022).
4. Rikkonen P., Lauttamäki V., Parkkinen M., Varho V., Tapio P. Five transition pathways to renewable energy futures – scenarios from a Delphi study on key drivers and policy options. URL: <https://ejournalfuturesresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40309-021-00185-0> (дата звернення: 30.09.2022).
5. Cholewa M., Mammadov F., Nowaczek A. The obstacles and challenges of transition towards a renewable and sustainable energy system in Azerbaijan and Poland. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13563-021-00288-x> (дата звернення: 30.09.2022).
6. Трофименко О. О. Світові тенденції застосування та виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел енергії. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=353> (дата звернення: 02.10.2022).
7. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
8. Закон України про альтернативні види палива. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text> (дата звернення: 02.10.2022).

9. Акименко О., Костюченко І. Перспективи впровадження альтернативних джерел енергії як крок до міжнародного співробітництва. Проблеми і перспективи економіки та управління. №4. 2020. С. 43 – 50.
10. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. URL: <https://bit.ly/3PzRWEu> (дата звернення: 02.10.2022).
11. Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року і план дій до 2025 року. URL: https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/D5-Roadmap_Action-Plan_UKR_03-12-2021_FINAL.pdf (дата звернення: 02.10.2022).
12. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. URL: <https://bit.ly/3Yvgt66> (дата звернення: 01.10.2022).
13. Біоенергетика в Україні. URL: <https://uabio.org/bioenergy-in-ukraine/> (дата звернення: 02.10.2022).
14. Закон України про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17#Text> (дата звернення: 01.10.2022).
15. Біоенергетика в Україні. URL: <https://uabio.org/bioenergy-in-ukraine/> (дата звернення: 02.10.2022).
16. Практичний посібник з використання біомаси як палива в муніципальному секторі України. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf> (дата звернення: 03.10.2022).
17. Практичний посібник. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. URL: <https://bit.ly/3vhSOEJ> (дата звернення: 03.10.2022).
18. Стратегія розвитку біоенергетики в Україні. URL: <https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/> (дата звернення: 03.10.2022).
19. Теплова альтернатива: біомаса поступово заміщує природний газ. URL: <https://bit.ly/3W8wJ77> (дата звернення: 03.10.2022).
20. Енергоаудит та показники енергоефективності на прикладі систем паливовикористовуючого обладнання. URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD7Z.pdf (дата звернення: 05.10.2022).
21. Чепурний М. М., Резидент Н. В., Олексина Т. М., Возіян Ю. К. Утилізація теплоти відхідних газів із котлів в утилізаторах контактного типу. Наукові праці ВНТУ. 2015. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/455?articlesBySameAuthorPage=3> (дата звернення: 05.10.2022).

22. Гелетуха Г., Матвеев Ю., Олійник Є., Куций Д. Практичний посібник з використання біомаси у муніципальному секторі України (для представників державних установ та громадських організацій, що працюють в сфері екології). Програма розвитку ООН. Київ, 2017. 54 с. URL: <https://bit.ly/3iHXFcL>. (дата звернення: 05.10.2022).

23. Дорундяк Л. Результати дослідження ефективності процесу пиловловлення у циклоні для системи перекачування деревних відходів. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.14. С. 152 – 157.

24. Ляшеник А. В., Тисовський Л. О., Дорундяк Л. М., Дадак Ю. Р. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі. Ринок енергетики: сучасні тенденції. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.9. С. 119 – 126.

25. Куц В. П., Ярош Я. Д. Батарейні циклони. Підвищення ефективності пиловловлювання. Хімічна промисловість України. 2004. № 3. С. 48 – 51.

26. Справочник по пыле- и золоулавливанию / под общ. ред. А. А. Русанова. Москва : Энергоатомиздат, 1983. 312 с.

27. Боженко М. Ф. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування. Київ : Вища школа, 1992. 280 с.

28. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005, 137 с.

29. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.

30. Котел КСВ-0,63 (БК-34). URL: [http://teplotech.com.ua/koteloborud_kotli_vodogrejnje_kotel_ksv-0_63_\(vk-34\).html](http://teplotech.com.ua/koteloborud_kotli_vodogrejnje_kotel_ksv-0_63_(vk-34).html) (дата звернення: 10.10.2022).

31. Grundfos. LP 80-160/164 A-F-A-BBUE. URL: <https://vodootvod.prom.ua/ua/p944179996-nasos-grundfos-160164.html> (дата звернення: 10.10.2022).

32. Grundfos. LMD 65-125/128. URL: <https://bit.ly/3W6VFfk> (дата звернення: 10.10.2022).

33. Grundfos. LMD 65-125/132. URL: <https://bit.ly/3uWhHWf> (дата звернення: 10.10.2022).

34. Лялюк О. Г. Економіка енергетики. Вінниця : ВНТУ, 2009. 118 с.

35. Денисов В. І. Техничко-экономические расчеты в энергетике. М.: Энергоиздат, 1985. 312 с.

36. Уряд встановив ціни на газ для виробників і постачальників тепла. URL: https://zaxid.net/uryad_vstanoviv_tsini_na_gaz_do_vesni_nastupnogo_roku_n154_6700 (дата звернення: 11.10.2022).
37. Ціни на газ для установ та організацій, що фінансуються з державного та місцевих бюджетів. URL: <https://gazpostach.od.ua/dlya-ustanov-ta-organizacij-shho-finansuyutsya-z-derzhavnogo-ta-miscevih-byudzhativ/> (дата звернення: 11.10.2022).
38. Тарифи на холодну воду в м. Бердичів. URL: https://bankchart.com.ua/spravochniki/indikatory_rynka/tarify_na_kholodnu_vodu/86 (дата звернення: 11.10.2022).
39. Ціна на електроенергію в опалювальний період на 2022-2023 роки. URL: <https://ukravtonomgaz.ua/blog/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-biznesu-5-7-grnkvt-god-v-opalyvalniy-period-2022-2023-rokiv> (дата звернення: 11.10.2022).
40. Реалізація проекту з будівництва котельні на альтернативних джерелах енергії економічні переваги, екологічні та технічні наслідки. URL: https://www.sae.gov.ua/sites/default/files/2_VL_23_07.pdf (дата звернення 12.10.2022).
41. Насос циркуляційний. VeroTwin – DPL 50/150-4/2. URL: <https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/uk/virobi-ta-profesiyiniy-dosvid/wilo-verotwin-dpl/verotwin-dpl-50-150-4-2> (дата звернення 12.10.2022).
42. Пелети з деревини. URL: <https://bit.ly/3V4KxhO> (дата звернення: 15.10.2022).
43. Пелети А1. <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/na-palletakh> (дата звернення: 15.10.2022).
44. Тріска опалювальна 1 м куб. Ціна на пелети та тріску. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/shepa-otopitelynaya> (дата звернення: 15.10.2022).
45. Установка енергетична УЕАС-400 (САС-500+котел 400 кВт) : URL: <https://kotly-metalist.com.ua/goods/ustanovka-energetichna-ueas-400-sas-500kotel-400-kvt/https://kotly-metalist.com.ua/goods/ustanovka-energetichna-ueas-400-sas-500kotel-400-kvt/> (дата звернення 16.10.2022).
46. Установка енергетична УЕАС-630. : URL: <https://kotly-metalist.com.ua/goods/ustanovka-energetichna-ueas-630-metalist/> <https://kotly-metalist.com.ua/goods/ustanovka-energetichna-ueas-630-metalist/> (дата звернення: 16.10.2022).

47. Внуков А. К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов : справочник. Москва : Энергоатомиздат, 1992. 176 с.
48. Система очищення димових газів КЗОТ Циклон-утилізатор МЦ-У 200 (100-200 кВт). URL: <https://kzot-kotel.com.ua/systemy-ochystky-dymovykh-haziv/systema-ochyshchennia-dymovykh-haziv-kzot-tsyklon-utylizator-mts-u-200-100-200-kvt/> URL: <https://kzot-kotel.com.ua/systemy-ochystky-dymovykh-haziv/systema-ochyshchennia-dymovykh-haziv-kzot-tsyklon-utylizator-mts-u-200-100-200-kvt/> (дата звернення: 17.10.2022).
49. Система очищення димових газів КЗОТ Циклон-утилізатор МЦ-У 400 (250-400 кВт). URL: <https://kzot-kotel.com.ua/ru/sistemy-ochistki-dymovykh-gazov/sistema-ochistki-dymovykh-gazov-kzot-ciklon-utilizator-mc-u-400-250-400-kvt/> (дата звернення: 17.10.2022).
50. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
51. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Москва : Металлургия, 1986. 544 с.
52. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Москва : Энергия, 1977. 344 с.
53. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
54. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М., Энергия, 1972. 319 с.
55. ДСТУ Б Д.2.2-20:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Вентиляція та кондиціювання повітря (Збірник 20) : [Чинний від 01.01.2014р.]. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. 106 с.
56. ДСТУ Б Д.2.3-7:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж компресорних установок, насосів і вентиляторів (Збірник 7) : [Чинний від 01.01.2014р.]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2012. 57 с.
57. Технічні характеристики автомобілів URL: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/> (дата звернення 07.11.2022).
58. Технічні характеристики зварювального апарату для ручного дугового зварювання Jasic ARC 200 URL: <http://jasic.in.ua/index.php/svarochnye-inventory-jasic-arc/svarka-invertor-jasic-arc-20-z209-detail.html> (дата звернення 07.11.2022 р.).

59. Автомобільний кран КС-35714К-3 URL: <https://kievspecteh.com/catalog/16-tonn/ks-35714k-3> (дата звернення 08.11.2022р.).

60. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст Проектної Документації на Будівництво : [Чинний від 01.10.2014р.]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2014 р. 36 с.

61. ДСТУ-Н Б Д.2.3-40:2012 Вказівки щодо застосування ресурсних елементних кошторисних норм на монтаж устаткування : [Чинний від 28.12.2012 р]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. 18 с.

62. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації : [Чинний від 28.12.2012 р]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 р. 74 с.

63. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

64. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv> (дата звернення: 17.11.2022).

65. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945 (дата звернення: 19.11.2022).

66. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

67. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення: 20.11.2022).

68. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 20.11.2022).
69. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
70. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
71. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 20.11.2022).
72. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення: 20.11.2022).

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або установи

В.о. завідувача кафедри ТЕ

Підпис

Ініціали та прізвище

Д. В. Степанов

“ ” 20 р.

“ 20 ” 09 2022 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**«Водогрійна котельня на альтернативних видах палива
потужністю 1 МВт»**

Керівник роботи:

к. т. н. доц. Резидент Н. В.

Виконавець:

студент гр. ТЕ-21 м

Кордонський Н. В.

Вінниця 2022

1 Найменування та область застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і реконструкції водогрійної котельні потужністю 1 МВт в м. Бердичів, яка дозволить підвищити ефективність виробництва теплоти, зменшити шкідливі викиди котельні в навколишнє середовище.

2 Основа для проведення розробки

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, вхідні дані з котельні, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми МКР № 203 від «14» вересня 2022 року.

3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу альтернативними джерелами енергії зокрема відновлюваними, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом встановлення котлів на біомасі та використання вторинних енергетичних ресурсів.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дані літературних та інтернет джерел, інші технічні матеріали щодо застосування альтернативних джерел енергії та використання вторинних енергетичних ресурсів в опалювальних котельнях.

1. ДБН Котельні ДБН В.2.5.-77: 2014 [Чинний від 01-01-2015 р. №252]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 61 с.

2. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.

3. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

4. Чепурний М. М., Резидент Н. В., Олексина Т. М., Возіян Ю. К. Утилізація теплоти відхідних газів із котлів в утилізаторах контактного типу. Наукові праці ВНТУ. 2015. №3. [Електронний ресурс]. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/455?articlesBySameAuthorPage=3>

5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення споживачів теплотою з визначеними показниками: потужністю, витратою, температурою.

5.1.1 Теплова потужність системи опалення.....600 кВт

5.1.2 Теплова потужність системи опалення.....400 кВт

5.1.3 Температурний графік90/70 °С

5.2 Використання для джерела енергопостачання відновлюваного місцевого виду палива.

Паливо:

- природний газ;
- паливна тріска, паливні гранули, інші види палива.

5.3 Забезпечення зменшення витрати палива.

5.4 Економія природного газу.

6 Економічні показники

Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення котельні на альтернативні природному газу види палива, визначивши річні витрати палива, економію палива, зменшення шкідливих викидів в атмосферу та термін окупності капіталовкладень на будівництво.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Деталі та вузли обладнання котельні повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу і можливість їх ремонту або заміни.

8 Вимоги з надійності

На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах.

9 Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану заходів щодо економії та заміщення природного газу у водогрійних котельнях	20.09.22...10.10.22	
2	Аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива	11.10.22...21.10.22	
3	Дослідження показників роботи обладнання котельні в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation	22.10.21...05.11.22	
4	Організаційно–технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	06.11.22...22.11.22	
5	Економічна частина	23.11.22...04.12.22	
7	Оформлення МКР	05.12.22...12.12.22	
8	Попередній захист МКР	13.12.22...17.12.22	
9	Захист МКР	18.12.22...24.12.22	

Дата видачі завдання «__»_____ 2022 р.

Крайні терміни виконання «__»_____ 2022 р.

10 Порядок контролю та приймання

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється керівником МКР згідно з графіком виконання. Захист МКР здійснюється ЕК затвердженою наказом ректора ВНТУ згідно з графіком захисту.

11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

Додаток В
(обов'язковий)

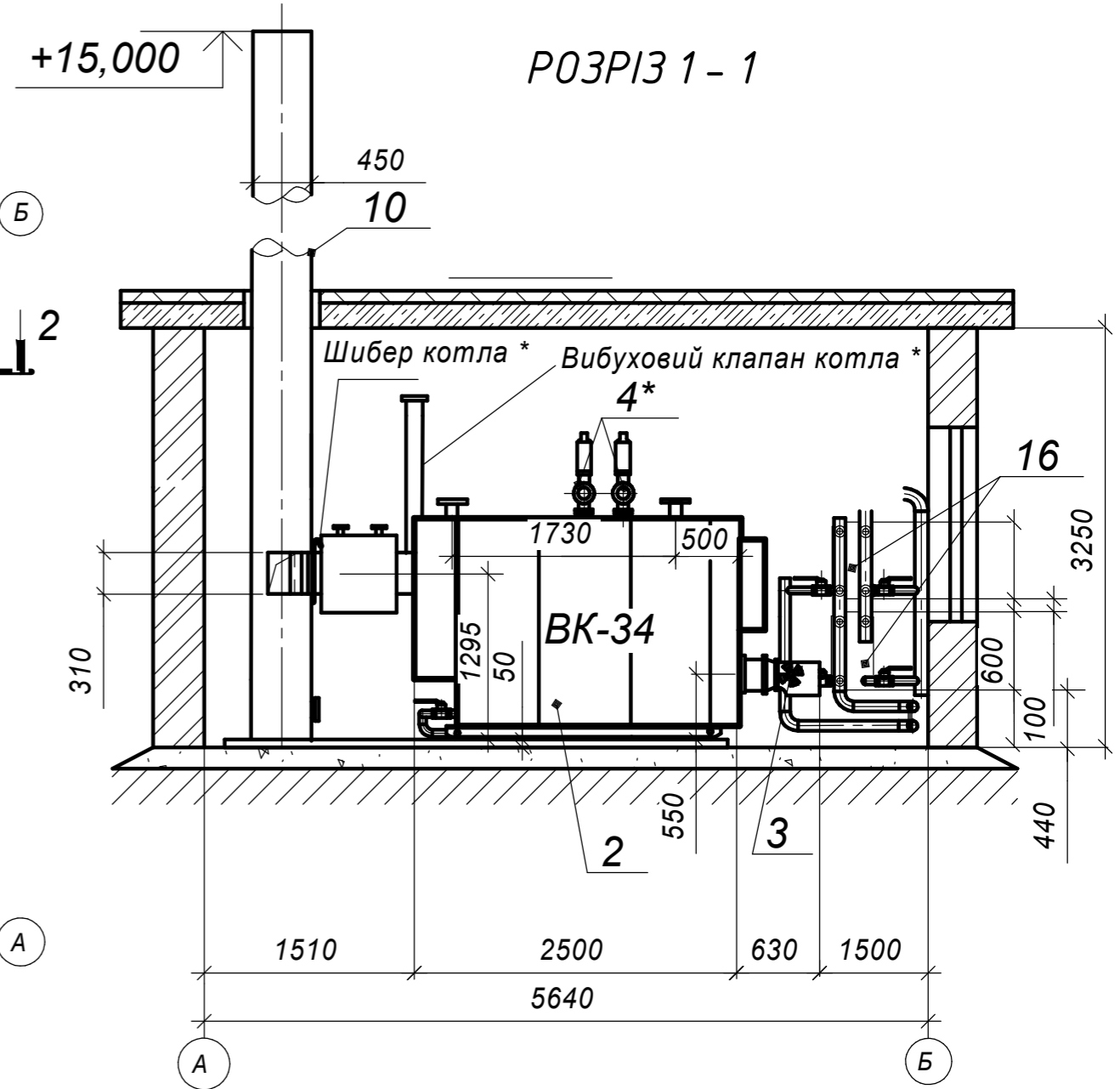
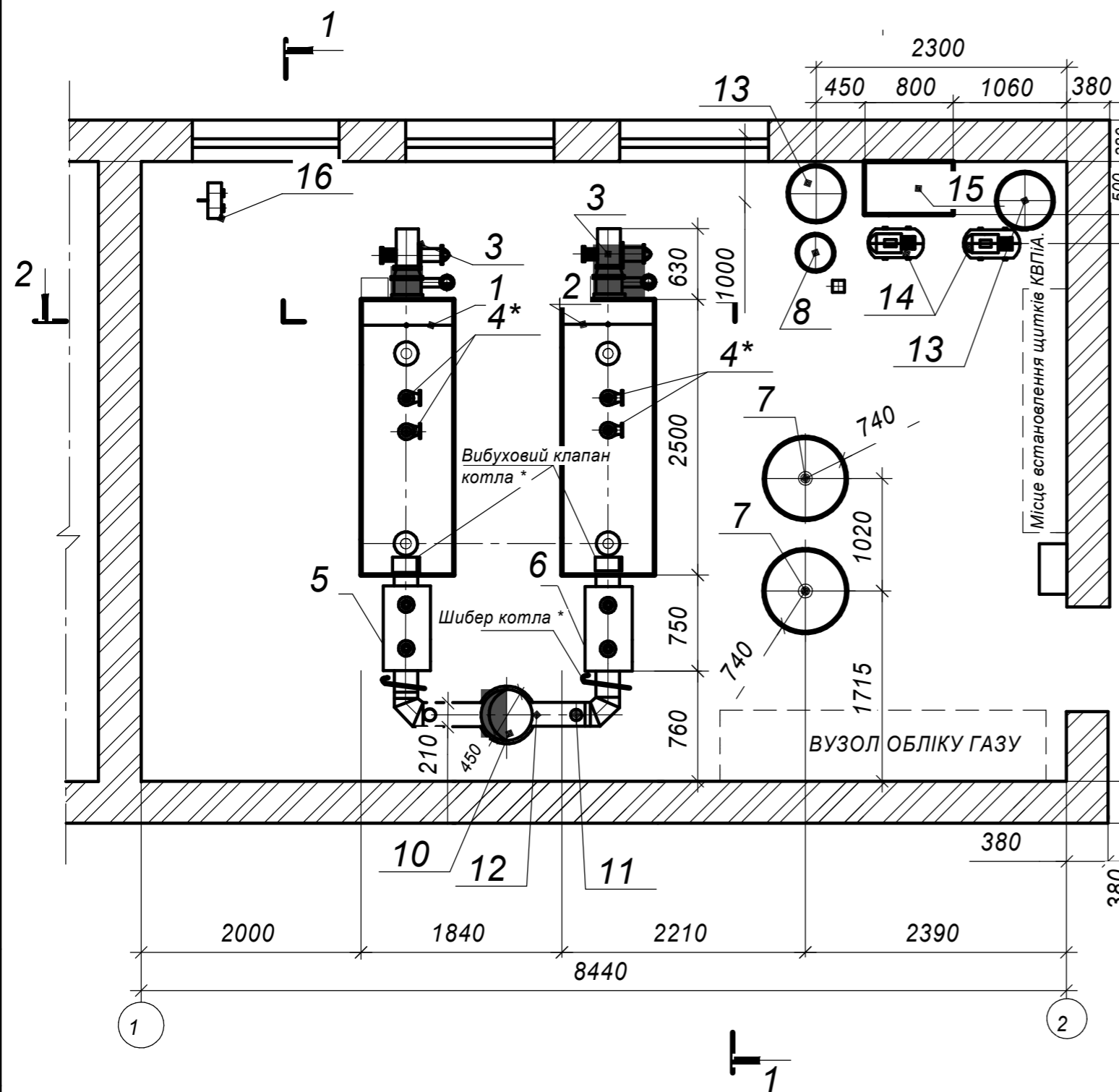
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ
ПАЛИВА ПОТУЖНІСТЮ 1 МВт**

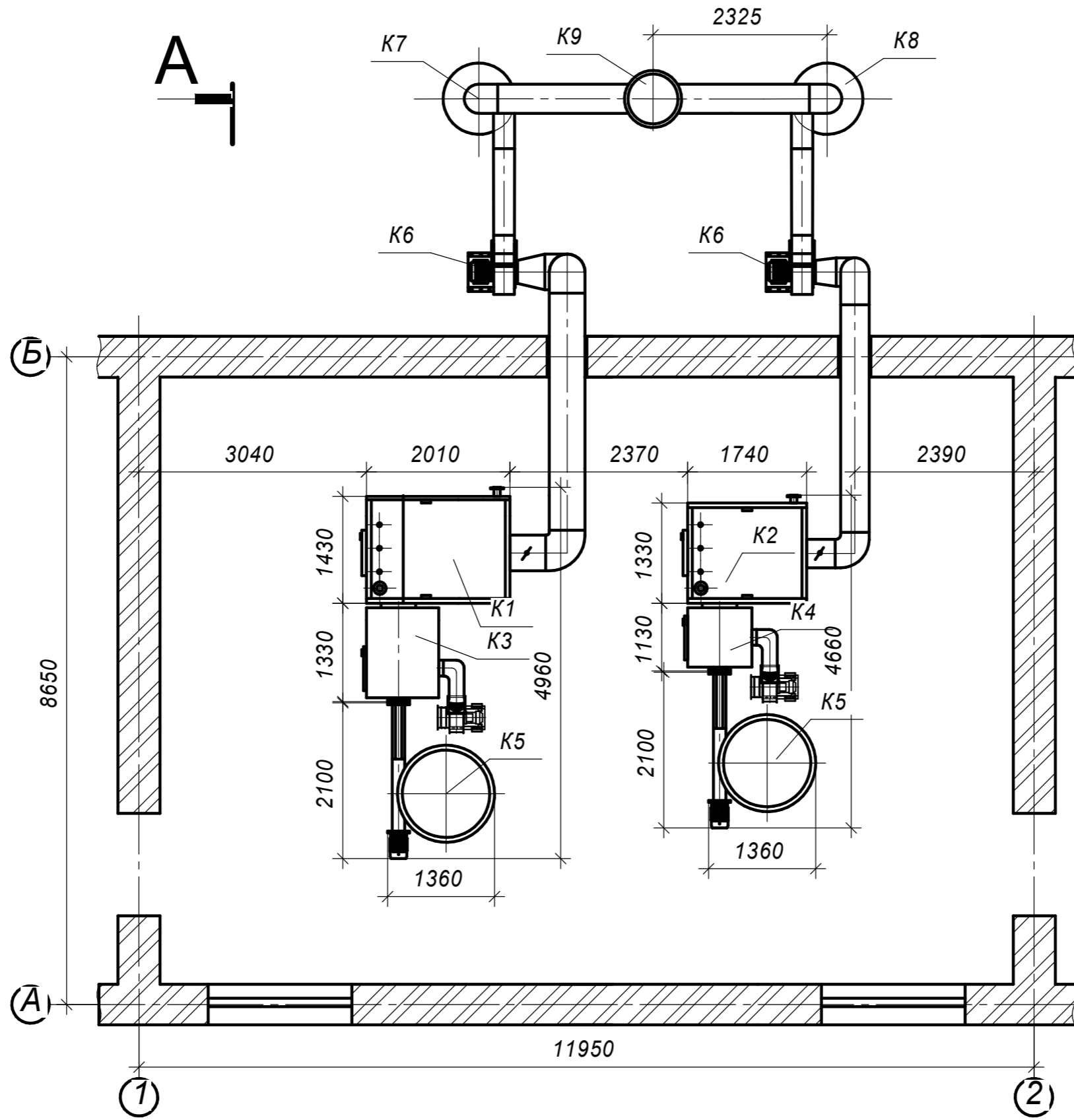
Поз. обзначення	Наименование				Кол.	Примечание
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		
1	Котел водогрійний КСВ-0,63				1	
2	Котел водогрійний КСВ-0,63				1	
3	Пальник газовий				1	
4	Клапан запобіжний				4	
5	Утилізатор				1	
6	Утилізатор				1	
7	Розширювальний бак				2	
8	Установка пом'якшення води				1	
9	Теплообмінник				2	
10	Димова труба				1	
11	Клапан запобіжний				2	
12	Газохід				1	
13	Деаераційні баки				2	
14	Насос підживлювальний				2	
15	Бак запасу води				1	
08-11.МКР.004.01.00.000						
					Лит. Лист Листов	
					1	
План котельні					ВНТУ, гр.ТЕ-21м	
на відм. 0.000. Розріз 1-1						

Согласовано

Инев. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №



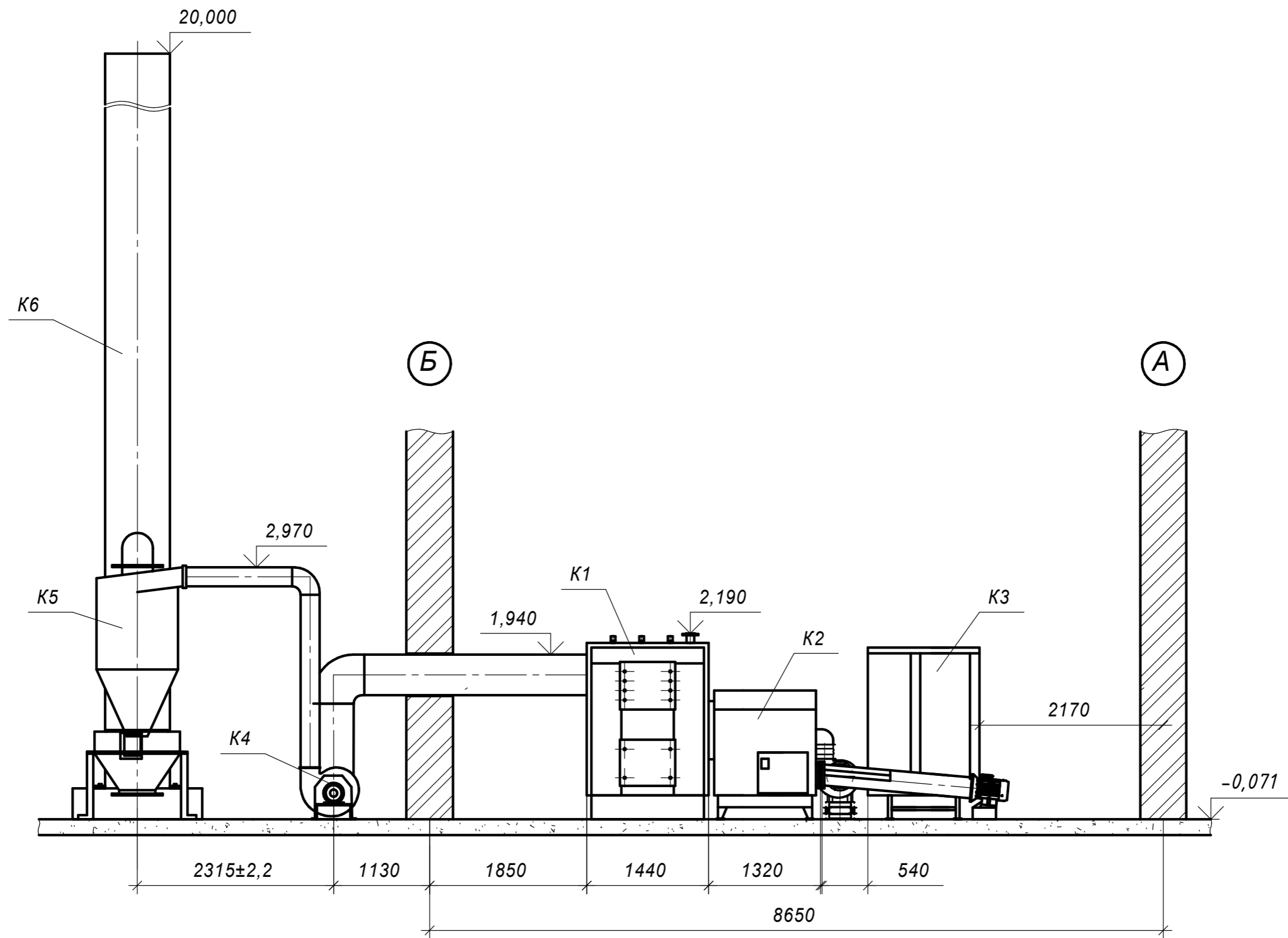
						08-11.МКР.004.01.00.000 АР			
						м. Бердичів			
Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата	Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт	Стадия	Лист	Листов
Розробив		Кордонський Н.В.							1
Перевірів		Резидент Н.В.							
Т.контр.		Резидент Н.В.							
Опонент		Бондар А.В.							
Н.контр.		Резидент Н.В.				План котельні на відм. 0.000. Розріз 1-1	ВНТУ, гр. ТЕ-21м		
Затверд.		Степанов Д.В.							



Согласовано

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

08-11.МКР.004.02.00.000 АР					
м. Бердичів					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив	Кордонський Н.В.				
Перевірів	Резидент Н.В.				
Т.контр.	Резидент Н.В.				
Опонент	Бондар А.В.				
Н.контр.	Резидент Н.В.				
Затверд.	Степанов Д.В.				
Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт				Стадія	Лист
Фрагмент плану котельні на відм. 0.000 після реконструкції					Листов
					1
				ВНТУ, гр. ТЕ-21м	

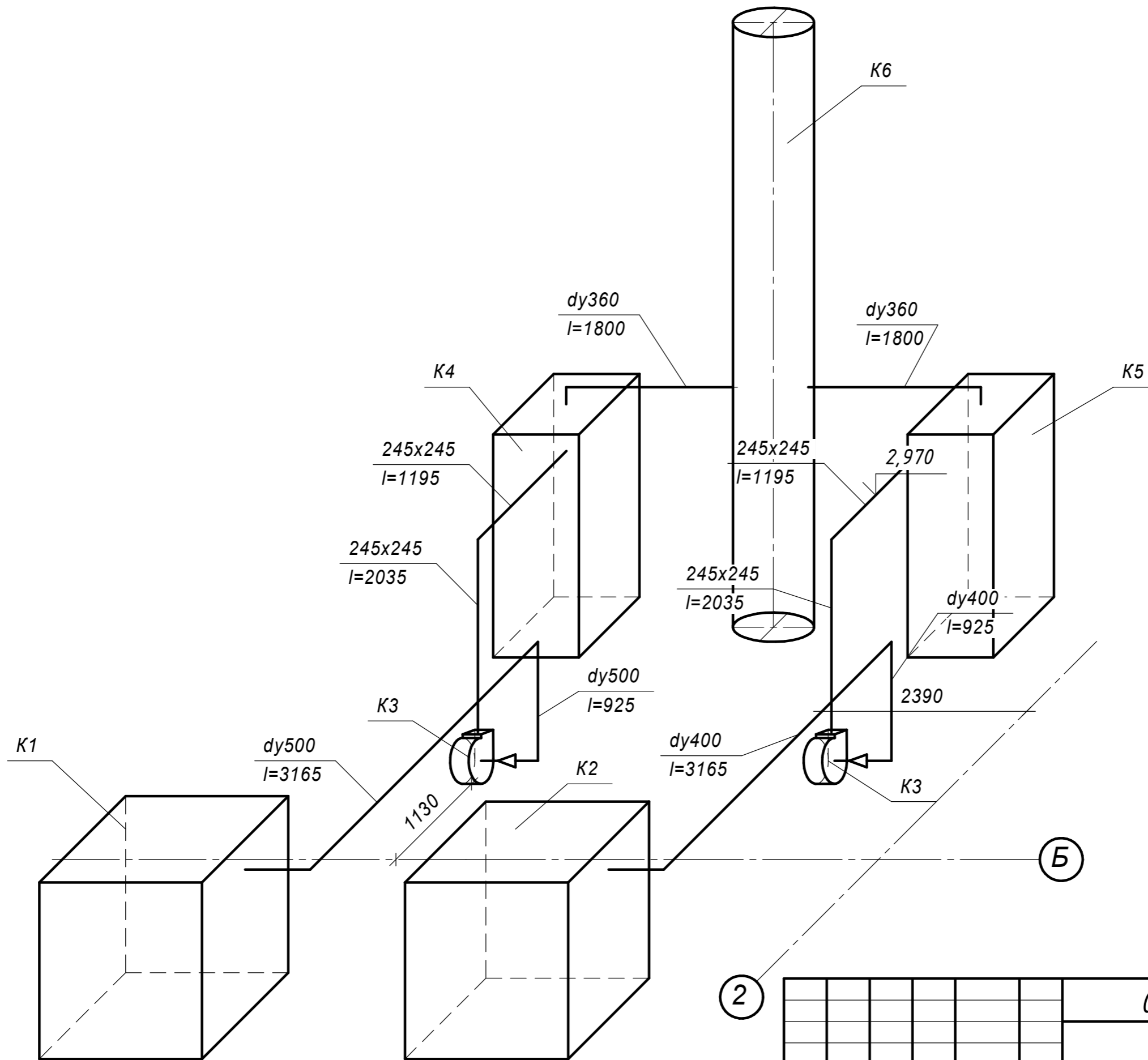


Согласовано

Инва. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

						08-11.МКР.004.03.00.000 АР			
						м. Бердичів			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт	Стадія	Лист	Листов
Розробив									1
Перевірів									
Т.контр.									
Опонент									
Н.контр.						Розріз А-А	ВНТУ, гр. ТЕ-21м		
Затверд.									

Согласовано



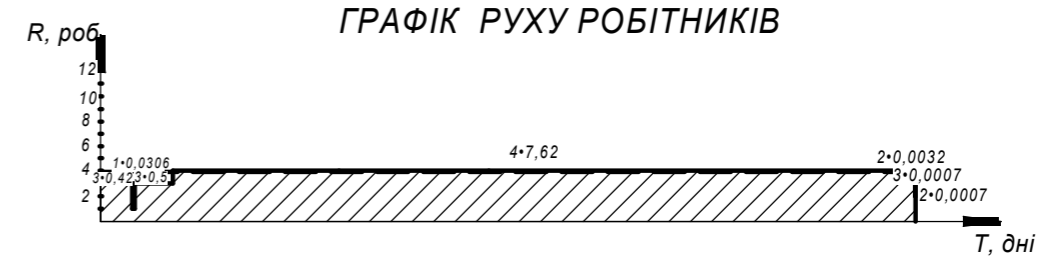
Инев. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

2

08-11.МКР.004.04.00.000 Г5					
м. Бердичів					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив	Кордонський Н.В.				
Перевішив	Резидент Н.В.				
Т.контр.	Резидент Н.В.				
Опонент	Бондар А.В.				
Н.контр.	Резидент Н.В.				
Затверд.	Степанов Д.В.				
Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт				Стадія	Лист
Монтажна схема системи очищення відхідних газів					
				Листов	1
				ВНТУ, гр. ТЕ-21м	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

										2022											
										Червень											
										1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	
№ П/П	Найменування робіт	Обин. вим.	Об'єми	Норма часу люд.-год	Трудо-міст-кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива-лість	1-11												
1	Доставка обладнання та матеріалів до місця монтажу	т	3,29	3,1	1,27	2 робітники, 1 водій	3	0,42	3*0,42												
2	Розмітка місць прокладання газоходів	100 м	0,1824	1,6	0,036	Монтажник 4 розряд	4р-1	0,036	1*0,0306												
3	Монтаж циклонів МЦ-У 200 та МЦ-У 400	10 шт	0,2	59,84	1,5	Монтажник 6,4,3 розряд	6р-1 4р-1 3р-1	0,5	3*0,5												
4	Монтаж димососу Д-3,5М з ел. приводом 1,5 кВт.	шт.	2	35	8,75	Монтажник 2,3,4,5 розряд	5р-1 4р-1 3р-1 2р-1	2,2	4*2,2												
6	Монтаж газоходів та фасонних частин	100 м	0,307	207,4	7,95	Монтажник 2,3,4,5 розряд	2р-1 3р-1 4р-1 5р-1	1,98	4*1,98												
7	Монтаж димової труби	т	2,16	83,52	22,5	Монтажник 2,3,4,5 розряд	2р-1 3р-1 4р-1 5р-1	5,64	4*5,64												
8	Пневматичне випробування газоходів	100 м	0,1824	0,145	0,0033	Монтажник 4,6 розряд	4р-1 6р-1	0,0016													2*0,0016
9	Перше робоче випробування системи	100 м	0,1824	0,145	0,0033	Слюсар сантехнік 4 брозряд	2	0,0016													2*0,0016
10	Робоча перевірка системи в цілому та здача в експлуатацію	100 м	0,1824	0,096	0,0021	Монтажник 4,5,6 розряд	4р-1 5р-1 6р-1	0,0007													3*0,0007
11	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,0375	0,376	0,0017	Робітник водій	2	0,0009													2*0,0007



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

Модель	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15
Mercedes Benz Axor 20,42	0,09	1,1	0,9	0,08							0,0007
Jasic ARC 200											
Камаз КС-37714К-3	0,42	0,2	0,7	0,02	0,12						

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$Q_{заг.}$	Q_i	42,036	люд.-дні
2	$T_{заг.}$	-	10,78	дні
3	R_{max}	-	4	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{заг.} / T_{заг.}$	3,9	люд
5	$T_{вст.}$	-	30	дні
6	\pm_1	$R_{сер} / R_{max}$	0,975	-
7	\pm_2	$T_{вст.} / T_{заг.}$	0,359	-

08-11.МКР.004.05.00.000 КП					
м. Бердичів					
Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата
Розробив	Кордонський Н.В.				
Перевірив	Резидент Н.В.				
Т.контр.	Резидент Н.В.				
Опонент	Бондар А.В.				
Н.контр.	Резидент Н.В.				
Затверд.	Степанов Д.В.				
Водогрійна котельня на альтернативних видах палива потужністю 1 МВт				Стадія	Лист
Календарний план монтажних робіт					Листов
					1
				ВНТУ, ар.ТЕ-21м	

Согласовано

Ине. № подл.

Подп. и дата

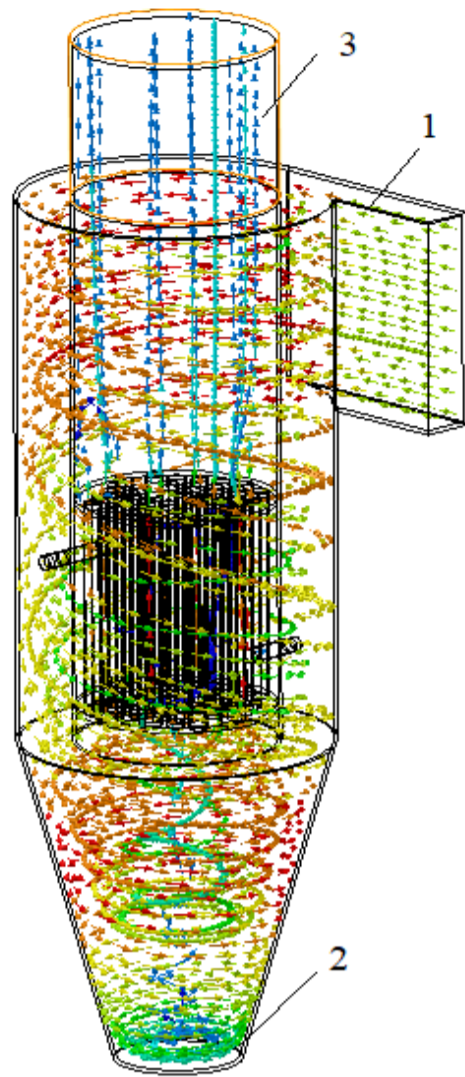
Взам. инв. №

Додаток Г
(обов'язковий)

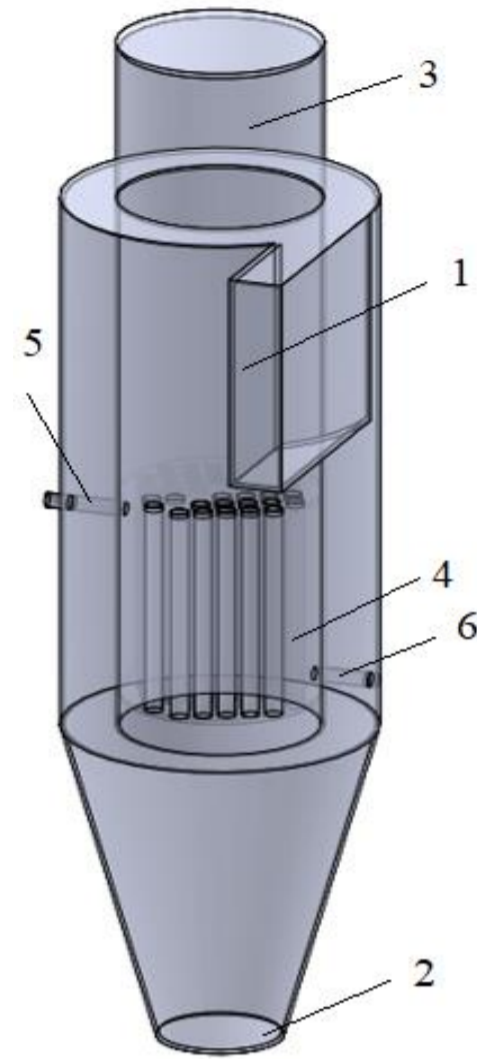
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ
ПАЛИВА ПОТУЖНІСТЮ 1 МВт**

ТРАЄКТОРІЇ ПОТОКУ (А); ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ЦИКЛОНА МЦУ 400 В САД-СИСТЕМІ САПР SOLIDWORKS (Б)

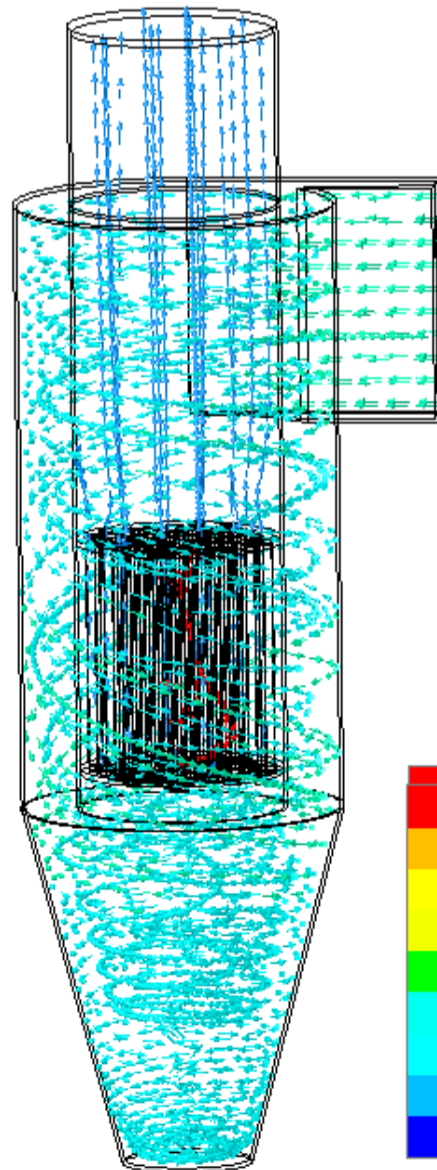


А)

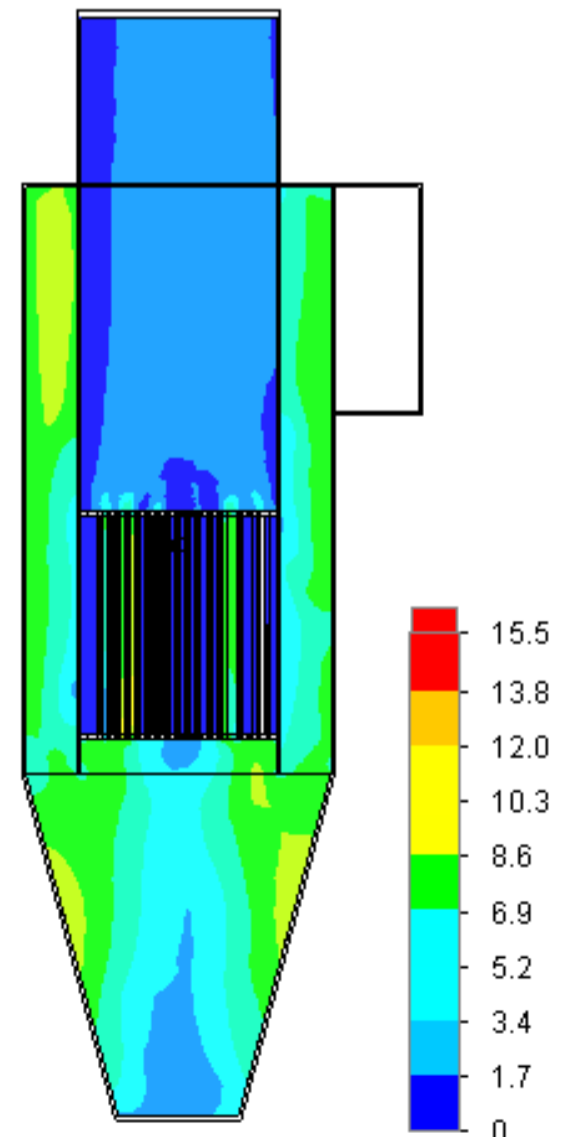


Б)

РОЗПОДІЛ ТИСКІВ (А) ТА ШВИДКОСТЕЙ (Б) В ПОТОЦІ

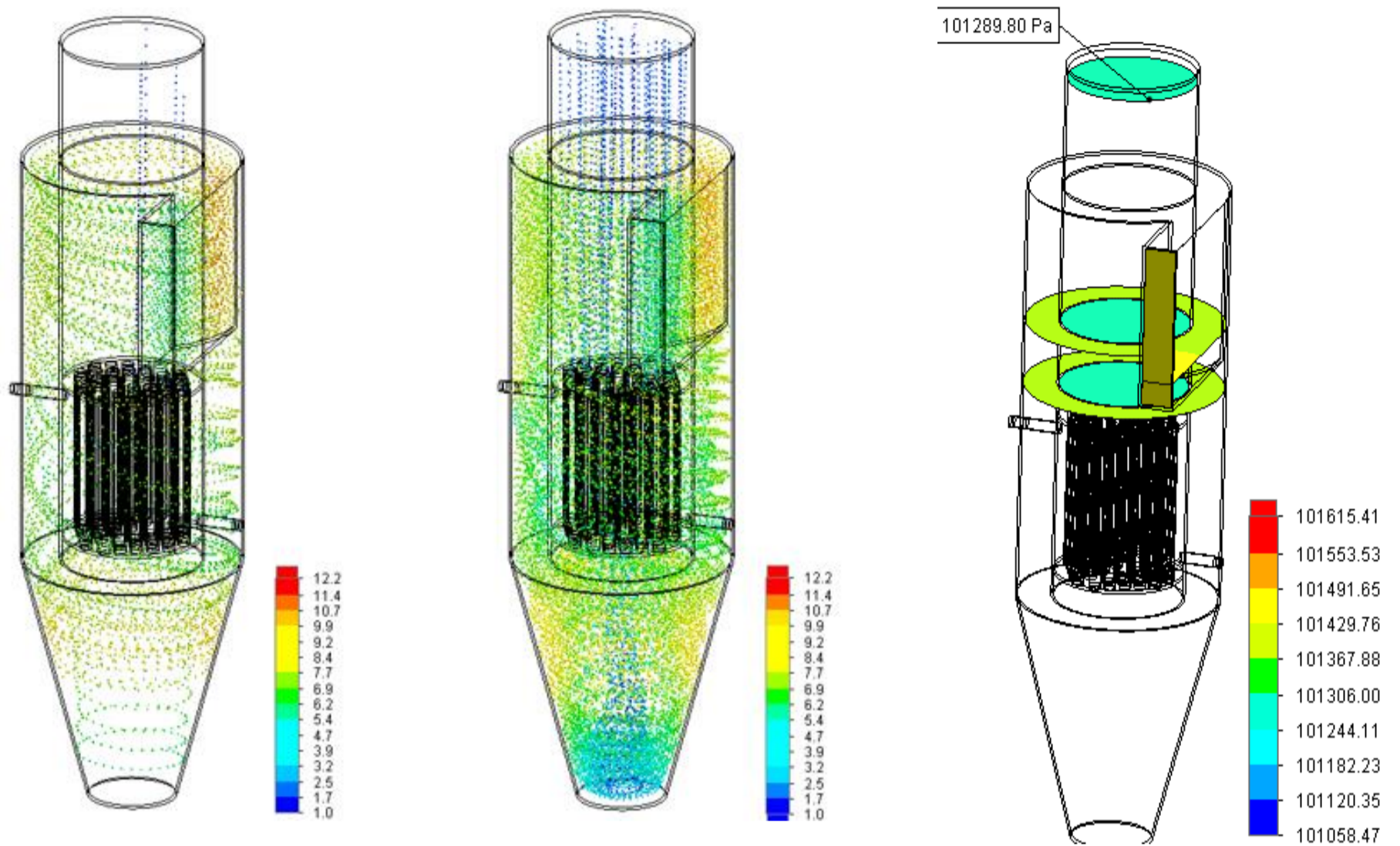


А)



Б)

ШВИДКІСТЬ В ЦИКЛОНІ ТА КІЛЬКІСТЬ ДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК РОЗМІРОМ 2 МКМ І 20 МКМ НА ВИХОДІ З ВІДВІДНОЇ ТРУБИ



РОЗПОДІЛ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДАЧІ ЗІ СТОРОНИ ВОДИ ТА ГАЗІВ

