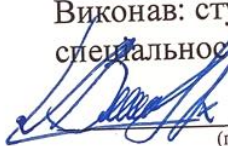


Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі
водогрійної котельні у місті Чернівці»**

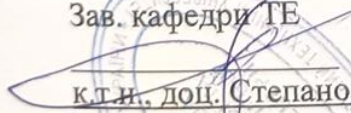
Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-22мз
спеціальності 144 - теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

 Лавуса В. Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанова Н. Д.
(прізвище та ініціали)
«15» 06 2024 р.

Опонент Андрухов В. М.
(прізвище та ініціали)
«17» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ


к.т.н., доц. Степанов Д. В.
(прізвище та ініціали)
«18» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

“12” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Лавусу Вадиму Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні у місті Чернівці

керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 81

2. Строк подання студентом роботи _____

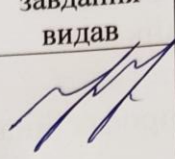
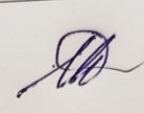
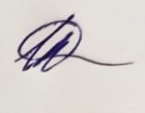
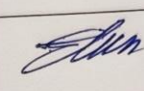
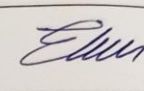
3. Вихідні дані до роботи: максимальна потужність системи опалення $Q_{оп} = 16,166$ МВт, температурний графік мережної води $t_{пр} / t_{зв} = 105 / 70$ °С, температура холодної води $t_{хв} = 5$ °С, розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення $t_{з.о.} = -20$ °С, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{з.о.} = 0,5$ °С, тривалість опалювального періоду 175 діб, частка підживлення мережі 0,5 %.

4. Зміст текстової частини

Аналітичний огляд літературної інформації; показники роботи теплової схеми опалювальної котельні; оцінка ефективності використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні; організаційно-технологічна частина; економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
схема теплова принципова; план котельні на відм. 0.000; результати дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі котельні; показники впливу варіантів використання альтернативних джерел енергії на навколишнє середовище протягом життєвого циклу; схема системи очищення димових газів монтажна аксонометрична; календарний план монтажу системи очищення димових газів; функціональна схема автоматизації водогрійної котельні

6. Консультанти розділів роботи

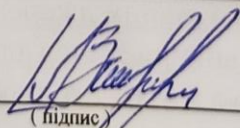
Розділ, підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1, Розділ 2, Розділ 3, Підрозділи 4.1 та 4.2	Степанова Н.Д. доц. каф. ТЕ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І.М., доц. каф. БЖДПБ		
Економічна частина	Лялюк О.Г. доц. каф. БМГА		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Формування та аналізування вхідних даних до магістерської кваліфікаційної роботи	22.03.24	
2	Розробка аналітичного огляду літературної інформації	09.04.24	
3	Визначення показників роботи теплової схеми опалювальної котельні	23.04.24	
4	Оцінка ефективності використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні	07.05.24	
5	Організаційно-технологічна частина	21.05.24	
6	Економічна частина	28.05.24	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	04.06.24	

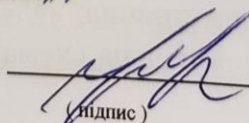
Студент


(підпис)

Лавус В. Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Степанова Н. Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.182

Лавус В. Р. Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні у місті Чернівці. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 96 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 60 назв; рис.: 9; табл. 20.

В даній роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації. Проведено аналіз роботи теплових схем водогрійних котелень на традиційному паливі та біомасі, окреслені їх переваги та недоліки, розглянуто екологічні та економічні аспекти. Визначені показники роботи теплової схеми котельні, що працює на системі тепlopостачання. В результаті розрахунку існуючої теплової схеми для двох режимів роботи визначено витрату робочого палива на котельні, коефіцієнт корисної дії котельні, собівартість виробництва теплоти. Розроблено математичну модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні. З розробленої моделі виконано дослідження впливу зміни температури навколишнього середовища на показники теплової схеми котельні для трьох варіантів модернізації шляхом переведення водогрійних котлів на спалювання тріски деревини. Виконано аналіз техніко-економічних та екологічних показників роботи для існуючої котельні і трьох варіантів модернізації. Виявлено доцільний варіант з економічної та екологічної точки зору. Розроблено технологію монтажу системи очищення димових газів після котла. Розроблений календарний графік монтажу системи. Розроблено функціональну схему автоматизації водогрійного котла. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Складено локальний кошторис на влаштування системи.

Графічна частина складається з 2 плакатів з результатами теоретичних досліджень та 5 креслень.

Ключові слова: біомаса, водогрійна котельня, природний газ, котел

ABSTRACT

Lavus V. R. Use of alternative energy sources in the thermal scheme of a hot water boiler house in Chernivtsi. Master's degree in the specialty 144 - heat power engineering, educational program - heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 96 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 60 titles; fig.: 11; tabl. 21.

This paper presents an analytical review of the literature. The paper analyzes the operation of thermal schemes of hot water boilers using traditional fuel and biomass, outlines their advantages and disadvantages, and considers environmental and economic aspects. The performance indicators of the thermal scheme of a boiler house operating on a heat supply system are determined. As a result of the calculation of the existing thermal scheme for two modes of operation, the consumption of working fuel at the boiler house, the efficiency of the boiler house, and the cost of heat production were determined. A mathematical model for assessing the efficiency of using alternative energy sources in the thermal scheme of a hot-water boiler house was developed. The model was used to study the effect of changes in ambient temperature on the performance of the boiler house thermal scheme for three options for modernization by converting hot-water boilers to burn wood chips. The analysis of technical, economic, and environmental performance indicators for the existing boiler house and three modernization options was performed. The most appropriate option was identified from an economic and environmental point of view. The technology of installation of the flue gas cleaning system after the boiler was developed. A schedule for the installation of the system was developed. A functional diagram of the hot water boiler automation was developed. Measures for labor protection and safety in emergency situations were developed. A local estimate for the installation of the system was made.

The graphic part consists of 2 posters with the results of theoretical research and 5 drawings.

Key words: biomass, water heating boileru hose, natural gas, boiler.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ІЗ ПИТАННЯ ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	7
1.1 Загальна характеристика котелень	7
1.2 Енергетичне використання біомаси в водогрійних котлах.....	8
1.3 Висновки до розділу 1	12
2 ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ.....	14
ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНІ.....	14
2.1 Розрахунок теплової схеми котельні в різних режимах роботи.....	14
2.3 Техніко-економічні показники роботи котельні на викопному паливі..	19
2.4 Висновки до розділу 2	22
3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ	23
3.1 Розроблення математичної моделі оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні.....	23
3.2 Дослідження показників ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні	24
3.3 Екологічні аспекти використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні	27
3.4 Техніко-економічні аспекти використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні.....	31
3.5 Висновок до розділу 3	33
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	35
4.1 Технологія монтажу системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5 на твердому паливі.....	35

4.2 Функціональна схема автоматизації водогрійного котла КВ-ГМ-6,5 ...	53
4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	67
4.4 Висновки до розділу 4	80
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	82
5.1 Локальний кошторис	82
5.2 Простий термін окупності.....	83
5.3 Висновки до розділу 5	86
ВИСНОВКИ	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	90
Додаток А(обов’язковий). Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	97
Додаток Б(обов’язковий). Технічне завдання	99
Додаток В(обов’язковий). Локальний кошторис	104
Додаток Г(обов’язковий). Ілюстративна частина.....	105
Додаток Д (довідковий) Математична модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні	106

ВСТУП

Актуальність теми. Особливо актуально на сьогоднішні є задача комфортного екологічно чистого та енергетично ефективного забезпечення житлового фонду теплотою для потреб систем створення мікроклімату.

Так, використання викопних органічних палив, таких як нафта, природний газ і вугілля, дійсно призводить до виснаження їх запасів. З кожним роком видобуток стає все складнішим та дорогим, що спричиняє зростання цін на ці енергоносії. До того ж, видобуток і спалювання викопних палив сприяють забрудненню навколишнього середовища і глобальному потеплінню через викиди парникових газів. Часткове або повне заміщення природного газу відновлюваними або місцевими паливами є перспективним питанням [1].

Математичне моделювання дозволяє визначити ефективне поєднання різних видів палива на котельні, оптимізувати показники роботи теплової схеми та паливну складову у собівартості вироблення теплоти опалювальною котельнею.

Використання двох видів палива на одній котельні дозволяє, збільшити надійність системи теплозабезпечення житлового фонду, забезпечити диверсифікацію паливостачання. Крім того, нівелюючи використання того чи іншого палива дає можливість зменшення експлуатаційних витрати на виробництво теплової енергії, мінімізації собівартості теплової енергії.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті на кафедрі теплоенергетики в рамках науково-дослідної роботи 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».

Мета і задачі досліджень. Скорочення споживання викопних енергоресурсів, зниження експлуатаційних витрат на виробництво теплової енергії та

підвищення екологічної ефективності системи теплозабезпечення шляхом впровадження технології спалювання біомаси і традиційного палива на водогрійній котельні.

У зв'язку з цим розв'язані такі завдання:

- виконати аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як палива для водогрійних котлів;
- виконати аналіз ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні для потреб теплопостачання;
- розробити математичну модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні;
- дослідити показники енергетичної та екологічної ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні;
- розробити технологію монтажу системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5 на твердому паливі;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- виконати оцінювання економічних показників водогрійної котельні з використанням альтернативних джерел енергії.

.

Об'єкт дослідження. Теплообмінні і гідродинамічні процеси у тепловій схемі водогрійної котельні для теплопостачання міста Чернівці.

Предмет дослідження. Ефективність використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні.

Методи дослідження. Під час виконання роботи використовувались методи математичного моделювання та концепцію оцінки життєвого циклу у програмному продукті SimaPro 9.6.0.1.

Новизна одержаних результатів.

Набули подальшого розвитку дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії разом із традиційними в теплових схемах опалювальних котелень. Доведено ефективність часткового заміщення біомасою викопних палив на водогрійних котельнях. Показано, що переведення одного

із трьох водогрійних котлів на спалювання біомаси, його постійна робота із сталим номінальним навантаженням і регулювання потужності двома котлами на природному газі дозволить знизити собівартість виробництва теплоти на 5,9% і загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище на 33,7% у порівнянні із роботою котельні на викопному паливі.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на ЛП Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2023).

Публікації. За результатами роботи опубліковані тези доповіді конференції [2].

Структура і обсяг магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Використано 60 наукових джерел за переліком посилань. Обсяг роботи 96 сторінок, включаючи 9 ілюстрацій, 20 таблиць.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ІЗ ПИТАННЯ ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Загальна характеристика котелень

Нормативний документ [3] встановлює, що котельня є спорудою, будівлею або приміщенням, де розміщено комплекс пристроїв та обладнання, що призначені для вироблення теплоти і передачі її теплоносію (у вигляді гарячої води або пари), метою якого є теплозабезпечення споживачів. У системі теплопостачання котельня є важливим елементом.

Сучасні умови роботи котельні диктують обов'язкову наявність ще і засобів автоматизації в її складі.

На вбудовані, прибудовані, дахові і окремо розташовані котельні поділяються за територіальною ознакою [3].

Промислові, опалювальні та промислово-опалювальні котельні бувають за призначенням відпущеної теплоти.

Паливо, що спалюється на котельнях може бути газоподібне, рідке, тверде, крім того є багатопаливні котельні.

Теплогенератори на котельні бувають парові, водогрійні, змішані, діатермічні.

Для обслуговування одного споживача будують автономні котельні, а для декількох споживачів – групові, для групи територіально відокремлених споживачів – районні.

Для забезпечення потреб теплопостачання будують в більшості випадків водогрійні котельні. Котельний агрегат (котел) є основним елементом будь-якої котельні.

Котли за конструкцією можуть бути водотрубні або жаротрубні.

Згідно [4] конструктивно водогрійний котел містить топкову камеру (топку), в якій відбувається спалювання палива і поверхні нагріву, що являє собою систему каналів (аб труб), якими переміщується вода.

Досконалість системи подавання палива суттєво впливає на ефективність роботи теплогенератора. Особливо це актуально для твердораливних теплогенераторів.

Інтенсифікація теплообміну (використання певних заходів чи засобів) з боку димових газів у котлах суттєво впливає на ефективність їх роботи [5]. Стан поверхонь нагріву і вид палива, його якість, також впливає на ефективність роботи теплогенераторів [6].

Авторів [7] вважають, що котельня, в якій спалюють біопаливо має містити:

- обладнання з приймання, складування та подавання палива;
- обладнання для побрібнення палива;
- обладнання для спалювання біопалива та отримання теплоти;
- обладнання для видалення відхідних газів;
- обладнання для видалення золи;
- система контролю та управління (автоматичне регулювання дозування палива, керування горінням і теплообміном у котлі).

Крім того автори [7] пропонують компонувати обладнання котельні у модулі з метою полегшення монтажних робіт.

1.2 Енергетичне використання біомаси в водогрійних котлах

Використовувалася біомаса для потреб енергетичних, ще у той час коли людина винайшла вогонь. Паливо на основі деревини є найбільш розповсюдженим паливом для котелень, які переоснащуються на місцеві види палива. Рідше використовуються палива на основі рослинної біомаси, такі як солома [8].

Для енергетичних потреб деревина і її відходи, що може бути використані: деревообробні відходи, поліна, залишки після рубки, відходи від обрізки та викорчовування насаджень, крім того сухостій, деревина із лісосмуг.

Із біомаси отримують теплоту у способи [9]: анаеробне зброджування органічних фракцій та відходів тваринництва з отриманням біогазу, який мо-

жна спалювати у котлах; піроліз та газифікація енергетичних плантацій, рослинних залишків і відходів з отриманням газоподібного або рідкого палива; грануляція енергетичних плантацій, рослинних залишків і відходів з отриманням твердого палива для котлів; різні технології прямого спалювання енергетичних плантацій, рослинних залишків та відходів з отриманням теплоти; пресування з отриманням із олійних культур рослинних олій, що далі спалюють.

Із аналізу авторів [8] видно оскільки такі палива як тріска різних деревних пород, із хвойних порід ошурки та кора, солома різних злакових, торф різних видів містять великий відсоток летючих речовин, тому збільшують об'єм топок для їх спалювання. Рослинну біомасу вважають найменш доцільним видом біопалива, а деревину – найбільш доцільним. Оскільки рослинна біомаса має високий вміст сірки і хлору, низьку температуру плавлення золи, необхідно реалізовувати низькотемпературні технології її спалювання. Одним із рішень ще є сумісне спалювання рослинної біомаси з паливом, яке має більшу температуру плавлення (торф).

Авторами [10, 11] пропонується перетворювати низькосортні види біопалива на синтез-газ у газогенераторах. Залежно від регіону для газогенерації може бути вибрана рослинна сировина, але її використовують після попереднього висушування, це є фактором обмежувальним. Експериментально автором [11] встановлено, що через підвищений вміст метану та важких вуглеводнів, піролізний газ має більшу теплоту згорання. Рослинні відходи (пелети з соломи, подрібнені стебла та лущиння соняшника) та відходи на основі деревини (паливні гранули, тріска) є найбільш доцільними для газифікації.

Автори [12] вважають гранулювання або брикетування деревних відходів може покращити процес спалювання біомаси. Переваги паливних гранул з деревини перед традиційними паливами: більша теплотворна здатність порівняно із дровами; низький вміст золи (не більше 3%); екологічна чистота, безпека; кількість CO_2 , що викидається після спалювання в навколишнє середовище дорівнює кількості CO_2 , яке дерево використане для їх виготовлення поглинуло під час свого зростання; більша густина ніж у дров; низька вологість

8...12 %; не схильні до самозаймання оскільки не містять спор та пилю; висока енергоконцентрація; має високу насипну щільність, тому для складування потребує менших площ; зручність транспортування і зберігання; можливо повністю автоматизувати подачу палива в теплогенератор; відсутній неприємний запах; відносно просто виконувати технічне обслуговування та експлуатацію котлів; зола придатна для використання у якості добрива; порівняно низька вартість.

В результаті числових досліджень авторів [13] і аналізу технології термічного перетворення біопалив встановлено, що ефективного спалювання біопалива (деревних відходів) можна досягти при спалюванні у киплячому шарі, шаровому спалюванні та у вихорових топках.

Автори [14] дослідили спалювання біопалива у топках киплячого шару, в результаті встановили, що використання паливних гранул полегшує експлуатацію котла, але через крупність гранул не вдасться досягнути повного зрідження такого палива.

Найбільшим джерелом забруднень є об'єкти теплоенергетики. Близько 75% викидів діоксиду сірки, 20% золи, близько 50% оксидів азоту спричиняють саме теплоенергетичні підприємства. Саме тому теплоенергетика є основою технічного прогресу.

Екологічний аналіз авторів [15] показав, що використання біомаси як енергоносія майже не призводить до накопичення парникових газів у навколишньому середовищі. Але енергетичне використання біомаси може призвести до забруднення ґрунтів, повітря і водойм забруднюючими речовинами з відходів спалювання. Надмірне використання решток та побічних продуктів з сільськогосподарських угідь у якості палива впливає на родючість ґрунтів, оскільки порушується баланс гумусу і збільшується випаровуваність з поверхні ґрунту. Вживання заходів та засобів для вловлення золи, а також утилізації її і знешкодження не допустить забруднення атмосферного повітря.

Автори [16] на основі порівняння викидів шкідливих речовин під час спалювання природного газу і відходів деревини, льняної котриці, соняшникової

лузги, соломи, показали, що спалювання біомаси за умови зниження викидів золи, метану та неметанових летких органічних сполук є безпечнішим з екологічної точки зору. Крім того, якщо забезпечити раціональні режими спалювання біомаси, це вид палива стане досить перспективним.

Ефективність виробництва теплоти для теплопостачання з біомаси більшою мірою залежить від:

- вид біомаси (деревина, сільськогосподарські залишки, харчові відходи, енергетичні культури мають різний вміст вологи та енергетичну щільність) та вміст в ній вологи, оскільки високий вміст вологи знижує теплотворну здатність біомаси, оскільки частина енергії витрачається на випаровування води;

- попередня обробка біомаси, а саме сушіння (зниження вмісту вологи покращує ефективність спалювання), подрібнення (розмір часток впливає на швидкість горіння та тепловіддачу), пелетування (пелети мають більшу щільність і менше забруднень, що покращує згорання);

- технологія спалювання, а саме тип котла (сучасні котли з високоефективними системами горіння, такими як піролізні котли, мають вищу ефективність), регулювання процесу горіння (автоматичні системи контролю забезпечують оптимальні умови для горіння);

- температурний режим, а саме температура горіння (високі температури забезпечують повніше згорання біомаси, зменшуючи кількість незгорілих залишків), ефективність передачі теплоти від згорілої біомаси до теплоносія (води або повітря);

- екологічні фактори, а саме емісії забруднювачів (викиди CO_2 , NO_x , SO_x , та інших шкідливих речовин, які можуть знизити системи очищення димових газів); сталий підхід до заготівлі (важливо використовувати біомасу, яка вирощується і збирається в стійкий спосіб, щоб не завдавати шкоди навколишньому середовищу);

- економічні фактори, а саме вартість біомаси (залежить від типу біомаси та місцевих умов), інвестиції в обладнання (високоефективні системи можуть

вимагати значних початкових вкладень, але згодом вони можуть знижувати експлуатаційні витрати), субсидії та регуляції;

- логістика, а саме транспортування біомаси (вартість та енергетичні витрати на транспортування біомаси до місця виробництва), зберігання (умови зберігання біомаси для запобігання втратам енергії та погіршенню якості);

- інфраструктура, а саме наявність відповідних мереж (інфраструктура для транспортування тепла, зберігання та переробки біомаси), системи управління: (сучасні системи управління та моніторингу процесу горіння та тепло-віддачі).

Для максимізації ефективності виробництва теплоти з біомаси необхідно враховувати всі вищезгадані фактори. Тільки комплексний підхід дозволить досягти оптимальних результатів, зменшити витрати і знизити екологічний вплив.

1.3 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано огляд літератури інформації з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як палива для водогрійних котлів. Виконано розгляд загальної характеристики котелень, встановлено переваги та недоліки котелень на традиційних видах палива, екологічні та економічні аспекти роботи опалювальних котелень та біомаса як альтернативне джерело відновлюваної енергії. За результатами огляду літератури сформовані мета та задачі досліджень.

Мета і задачі досліджень. Скорочення споживання викопних енергоресурсів, зниження експлуатаційних витрат на виробництво теплової енергії та підвищення екологічної ефективності системи теплозабезпечення шляхом впровадження технології спалювання біомаси і традиційного палива на водогрійній котельні.

У зв'язку з цим розв'язані такі завдання:

- виконати аналітичний огляд літератури;

- виконати аналіз ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні для потреб тепlopостачання;
- розробити математичну модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні;
- дослідити показники енергетичної та екологічної ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні;
- розробити технологію монтажу системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5 на твердому паливі;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- виконати оцінювання економічних показників водогрійної котельні з використанням альтернативних джерел енергії.

2 ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Розрахунок теплової схеми котельні в різних режимах роботи

Розглянута котельня розташована у місті Чернівці і забезпечує потреби опалення мікрорайону міста.

Оскільки котельня працює лише на потреби опалення, то її розрахунок проводимо лише максимального і середньоопалювального режимів [17, 18].

Склад обладнання теплової схеми : 3 паралельно ввімкнені водогрійних котла КВГ-6,5, система водопідготовки з підігрівником та натрій катіонітовим фільтром, насоси, запірна арматура та трубопроводи. Розглянута водогрійна котельня забезпечує теплову мережу з температурним графіком 105/70 °С.

Водогрійні котли працюють з температурним графіком $\tau_1/\tau_2 = 150/70$ °С.

Максимальна потужність системи опалення, що обслуговує котельня, $Q_{оп} = 16,166$ МВт, а потужність в середньоопалювальному режимі – 7,88 МВт.

Беручи до уваги центральне якісне регулювання за опалювальним навантаження [19] визначено, що температурний графік теплової мережі у середньоопалювальному режимі має складати $\tau'_1/\tau'_2 = 63/47$ °С.

Витрата води на теплову мережу

$$G_{\text{тм}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)}{C_p (\tau'_1 - \tau'_2)}, \quad (2.1)$$

- для максимального режиму

$$G_{\text{тм}} = \frac{16,166 \cdot 1000}{4,19 \cdot (105 - 70) \cdot 0,97} = 113,9 (\text{кг} / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$G_{\text{тм}} = \frac{7,88 \cdot 1000}{4,19 \cdot (63 - 47) \cdot 0,97} = 113,9 (\text{кг} / \text{с}).$$

Враховуючи втрати в мережі, що складають 0,5 %, витрата води на підживлення складе

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{тм}}^{\text{оп}} \cdot \alpha_{\text{втр}}, \quad (2.2)$$

$$G_{\text{пж}} = 113,9 \cdot 0,005 = 0,5694 (\text{кг} / \text{с}).$$

З врахуванням циркуляційних втрат і втрат в обладнанні витрата сирої води складає

$$G_{\text{св}} = 1,2 \cdot G_{\text{пж}}, \quad (2.3)$$

$$G_{\text{св}} = 1,2 \cdot 0,5694 = 0,6833 (\text{кг} / \text{с}).$$

Підігрів сирої води здійснюється до температури $t_{\text{хво}} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тому потужність підігрівника сирої води складатиме

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}), \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{псв}} = 0,6833 \cdot 4,19 \cdot (45 - 5) = 114,52 (\text{кВт}).$$

Для підігріву сирої води затрачається води після котла у кількості

$$G_{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{псв}}}{C_p (t''_k - t'_k)}, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{гр}} = \frac{114,52}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 0,3417 (\text{кг} / \text{с}).$$

З теплового та матеріального балансів змішування води перед мережними насосами витрата води в лінії рециркуляції складає

$$G_{\text{рец}} = ((G_{\text{тм}} + G_{\text{гр}}) \cdot t'_k - (G_{\text{тм}} - G_{\text{пдж}}) \cdot \tau_2 - G_{\text{пдж}} \cdot t_{\text{хво 2}} - G_{\text{гр}} \cdot t''_k) / (t''_k - t'_k), \quad (2.6)$$

- для максимального режиму

$$G_{\text{рец}} = ((113,9 + 0,3417) \cdot 70 - (113,9 - 0,5694) \cdot 70 - 0,569440 - 0,3417 \cdot 150) / (150 - 70) = 0,21 (\text{кг} / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$G_{\text{рец}} = ((113,9 + 0,3417) \cdot 70 - (113,9 - 0,5694) \cdot 46,93 - 0,569440 - 0,3417 \cdot 150) / (150 - 70) = 34,04 (\text{кг} / \text{с}).$$

Через мережний насос проходить вода у кількості

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{тм}} + G_{\text{гр}} + G_{\text{рец}}, \quad (2.7)$$

- для максимального режиму

$$G_{\text{мн}} = 113,9 + 0,3417 + 0,21 = 114,44 (\text{кг} / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$G_{\text{мн}} = 113,9 + 0,3417 + 34,04 = 148,27 (\text{кг} / \text{с}).$$

З матеріального і теплового балансів лінії перепускання визначаємо витрату води в цій лінії

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{тм}} \cdot (t''_{\text{к}} - \tau_1) / (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}}), \quad (2.8)$$

- для максимального режиму

$$G_{\text{пер}} = 113,9 \cdot (150 - 105) / (150 - 70) = 64,06 (\text{кг} / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$G_{\text{пер}} = 113,9 \cdot (150 - 63) / (150 - 70) = 123,78 (\text{кг} / \text{с}).$$

Через водогрійні котли проходить вода з витратою

$$G_{\text{к}} = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}}, \quad (2.9)$$

- для максимального режиму

$$G_{\text{к}} = 114,44 - 64,06 = 50,38 (\text{кг} / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$G_k = 148,27 - 123,78 = 24,49 (\text{кг} / \text{с}).$$

Враховуючи частку власних потреб котельні $\alpha_{\text{вл.п}} = 0,005$ загальна потужність котельні складатиме

$$Q_{\Sigma} = G_k \cdot c_p \cdot (\tau'_1 - \tau'_2) \cdot (1 + \alpha_{\text{вл.п}}), \quad (2.10)$$

- для максимального режиму

$$Q_{\Sigma} = 50,38 \cdot 4,19 \cdot (150 - 70) \cdot (1 + 0,005) = 16972 (\text{кВт}) = 16,972 (\text{МВт});$$

- для середньоопалювального режиму

$$Q_{\Sigma}^{\text{сop}} = 24,49 \cdot 4,19 \cdot (150 - 70) \cdot (1 + 0,005) = 8250 (\text{кВт}) = 8,250 (\text{МВт}).$$

Розрахункова витрата робочого (природний газ з теплотою згорання $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 34 \text{ МДж/м}^3$) палива враховуючи коефіцієнт корисної дії водогрійного газового котла $\eta_{\text{к газ}} = 0,91$

$$B_{\text{газ}} = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_{\text{н}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{к газ}}}, \quad (2.11)$$

- для максимального режиму

$$B_{\text{газ}} = \frac{16,972}{34 \cdot 0,91} = 0,5485 (\text{м}^3 / \text{с});$$

- для середньоопалювального режиму

$$B_{\text{газ}} = \frac{8,25}{34 \cdot 0,91} = 0,267 (\text{м}^3 / \text{с}).$$

Коефіцієнт корисної дії котельні котельні

$$\eta = \frac{Q_{\text{оп}}}{(B_{\text{газ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{p}})}, \quad (2.12)$$

- для максимального режиму

$$\eta = \frac{16,166}{(34 \cdot 0,5485)} = 0,869;$$

- для середньоопалювального режиму

$$\eta = \frac{7,88}{(34 \cdot 0,267)} = 0,823.$$

2.3 Техніко-економічні показники роботи котельні на викопному паливі

Балансову вартість котельні приймаємо $K_6 = 17$ млн. грн.

Оскільки котельня працює лише на потреби опалення визначимо виробництво теплоти протягом опалювального періоду тривалістю $\tau_{\text{оп}} = 175$ діб [20]

$$Q_{\text{оп.пер}} = Q_{\Sigma}^{\text{соп}} \cdot \tau_{\text{оп}}, \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{оп.пер}} = 8,25 \cdot 175 \cdot 3600 \cdot 24 / 1000 = 119996,8 (\text{ГДж} / \text{сезон}).$$

Витрата природного газу за опалювальний сезон на котельні [18]

$$B_p^{\text{оп.пер.}} = \frac{Q_{\text{оп.пер.}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{к газ}}}, \quad (2.14)$$

$$B_p^{\text{оп.пер.}} = \frac{1199968 \cdot 1000}{34 \cdot 0,91} = 4221,9 (\text{тис. м}^3 / \text{сезон}).$$

Витрати коштів на природний газ за тарифу $\Pi_{\text{п}} = 10,5$ грн./м³ і коефіцієнту використання палива $k_{\text{вп}} = 1$ протягом опалювального періоду

$$C_{\text{п}} = \Pi_{\text{п}} \cdot B_p^{\text{оп.пер.}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.15)$$

$$C_{\text{п}} = 10,5 \cdot 4221900 \cdot 1 = 44,16 (\text{млн. грн./сезон}).$$

Витрата електроенергії для роботи допоміжного обладнання котельні з потужністю власних потреб $N_{\text{вп}}^{\text{сер}} = 269,655$ кВт·год протягом опалювального періоду

$$EE^{\text{оп.пер.}} = N_{\text{вп}}^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{оп}}, \quad (2.16)$$

$$EE^{\text{оп.пер.}} = 269,655 \cdot 175 \cdot 24 / 1000000 = 1,1584 (\text{млн. кВт} \cdot \text{год}).$$

Витрати коштів на забезпечення потреб в електроенергії з врахуванням тарифу $\Pi_{\text{е}} = 6,84$ грн./кВт·год

$$C_{\text{е}} = EE^{\text{оп.пер.}} \cdot \Pi_{\text{е}}, \quad (2.17)$$

$$C_{\text{е}} = 1,1584 \cdot 1000000 \cdot 6,84 = 7,9237 (\text{млн. грн. / сезон}).$$

Витрати коштів на покриття потреб у додатковій воді за витрати $G_{\text{оп.сез}} = 10567,67 \text{ м}^3/\text{сезон}$, враховуючи тариф $\Pi_{\text{в}} = 18 \text{ грн./м}^3$ [26]

$$C_{\text{в}} = G_{\text{оп.пер.}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (2.18)$$

$$C_{\text{в}} = 10567,67 \cdot 18 = 0,19 (\text{млн. грн. / сез}).$$

Часткою від балансової вартості котельні (K_6) враховують амортизаційні відрахування [21]

$$C_{\text{а}} = 0,075 \cdot K. \quad (2.19)$$

$$C_{\text{а}} = 0,075 \cdot 17 = 1,245 (\text{млн. грн./сезон}).$$

Часткою від амортизаційних відрахувань враховують затрати коштів на поточний ремонт [21]

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{а}}, \quad (2.20)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 1,245 = 0,255 (\text{млн. грн./сезон}).$$

Оплата праці монтажників [21]

$$C_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (2.21)$$

де ЗП – середня заробітна плата,

$k_{\text{відр}}$ – відрахування до пенсійного фонду та фонду соцстахування.

$$C_{\text{зп}} = 2 \cdot 17 \cdot 10000 \cdot 1,41 = 5,753 (\text{млн. грн. / рік}).$$

Інші невраховані витрати як частка від попередніх експлуатаційних затрат

$$C_{ін}=0,06 \cdot (C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{се} + C_v + C_{пал}), \quad (2.22)$$

$$C_{ін}=0,01 \cdot (1,245 + 5,753 + 0,255 + 7,9237 + 0,19 + 44,16) = 0,596 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Витрати коштів на експлуатацію опалювальної котельні [21]

$$C_{річ} = C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{се} + C_v + C_{ін} + C_{п}, \quad (2.23)$$

$$C_{річ} = 1,245 + 5,753 + 0,255 + 7,9237 + 0,19 + 44,16 + 0,596 = 60,153 \text{ (млн. грн. /сезон)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії на водогрійній котельні [17, 21]

$$CB_{тепл} = C_{річ} / Q_{оп.пер.}, \quad (2.24)$$

$$CB_{тепл} = 60,153 \cdot 1000000 / 119996,8 = 501,29 \text{ (грн./ГДж)}.$$

2.4 Висновки до розділу 2

Проведено розрахунок показників роботи існуючої теплової схеми котельні, що працює на систему опалення з піковою потужністю 16,166 МВт у м. Чернівці. Робоче паливо на котельні – природний газ.

В результаті обчислень отримано, що в максимальному опалювальному режимі витрата природного газу складає 0,5485 м³/с, у середньоопалювальному режимі – 0,267 м³/с, а загальна за опалювальний сезон – 4,222 млн. м³. Визначено коефіцієнт корисної дії котельні, що у максимальному режимі склав 0,869, а у середньоопалювальному – 0,823.

Котельня відпускає на потреби опалення протягом опалювального періоду 119996,8 ГДж теплоти з собівартістю 501,29 грн./ГДж.

3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Розроблення математичної моделі оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні

Для дослідження показників роботи котельні і ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні розроблена математична модель.

Розроблена модель є нелінійною, вона складається з 26 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, за параметрами моделювання така модель є детермінованою, структурною, також дискретною з зосередженими кількісними параметрами, крім того, статичною, одномірною. Дана модель є описовною, алгебраїчною і розв'язується аналітичним методом [22, 23].

Розроблена математична модель реалізована в середовищі Microsoft Excel.

Її математичний опис складається з 26 рівнянь теплових та енергетичних балансів, використовуються внутрішні ітерації для визначення показників роботи лінії рециркуляцій та перепускання, рівнянь для визначення витрати газового та твердого палива. Основні рівняння, що використані в математичному описі моделі наведені в [17, 18].

Початковими даними для виконання досліджень є [17, 18]:

- термодинамічні параметри теплоносіїв в залежності від температури навколишнього середовища;
- теплота згорання твердого та газового палива;
- значення ККД котлів, теплообмінників, насосів та іншого теплоенергетичного обладнання;
- необхідна потужність споживачів;
- частка власних потреб хімводоочистки;

- охолодження води в мережних трубопроводах та в трубопроводах та обладнанні котельні тощо.

Допущення та спрощення, які використані під час створення даної математичної моделі:

- задаємось осередненими значеннями тепловтрат в подавальному та зворотному трубопроводах;
- задаємось осередненими значеннями ККД котлоагрегатів та теплообмінного обладнання;
- виконуємо розрахунки теоретичних теплових схем.

Математичний опис моделі наведений у додатку Д.

3.2 Дослідження показників ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні

Для покращення показників енергетичної, екологічної та економічної ефективності котельні запропоновано перевести один або два водогрійні теплогенератори на спалювання тріски деревини.

За твердопаливним котлом встановлений циклон-теплоутилізатор, який мають поверхню теплообміну і дозволяють отримувати додатково 2% теплоти від димових газів та золи. Через сорочки охолодження циклонів циркулює вода з зворотного трубопроводу. Витрата циркуляційної води прийнята 4 кг/с.

Проведені дослідження для існуючої теплової схеми, що працює на природному газі та для трьох варіантів роботи модернізованої котельні, а саме:

- **Варіант 1.** Один твердопаливний котел працює із сталим навантаженням 5 МВт, а один або два газові котли включаються по необхідності;
- **Варіант 2.** Твердопаливні котли працюють зі сталим навантаженням, коли вистачає навантаження – працюють два твердопаливні котли, інакше – працює один твердопаливний котел, при цьому третій котел (газовий) включається з регульованою потужністю по необхідності.

- **Варіант 3.** Один твердопаливний котел працює із сталим навантаженням 5 МВт, другий твердопаливний котел включається з регульованим по необхідності навантаженням, якщо не вистачає потужності двох твердопаливних котлів – включається третій (газовий) котел з регульованим навантаженням.

Результати моделювання показників роботи теплової схеми двопаливної водогрійної котельні показані на рис. 3.1 – 3.6.

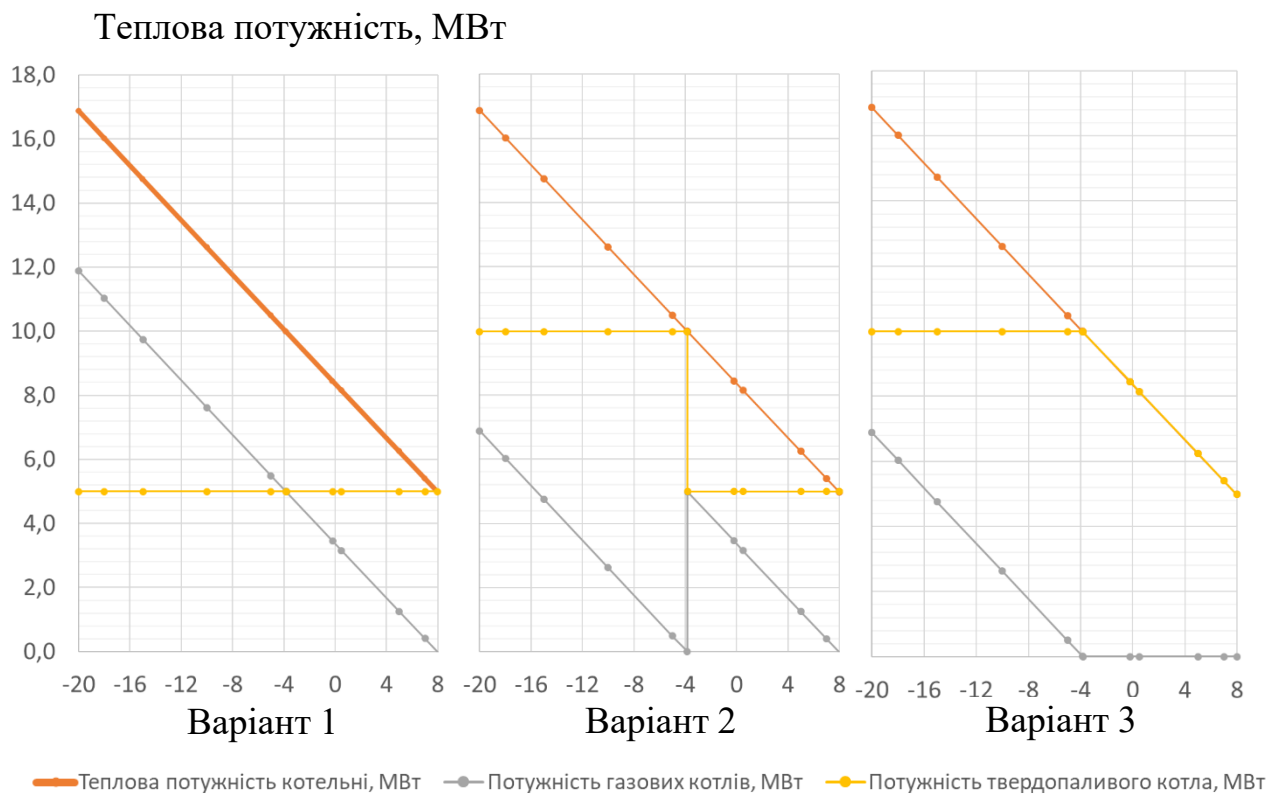


Рисунок 3.1 – Залежність потужності котельні, потужності твердопаливних та газових котлів від температури зовнішнього повітря [2]

Як видно з рис. 3.1 режим роботи газових та твердопаливних котлів впливає на теплові потужності обладнання. Для Варіанту 2 (коли твердопаливні котли працюють на повне навантаження) відбувається різке підвищення потужності газового котла при переході з двох котлів на один. Таким режим, на нашу думку важче реалізувати на практиці.

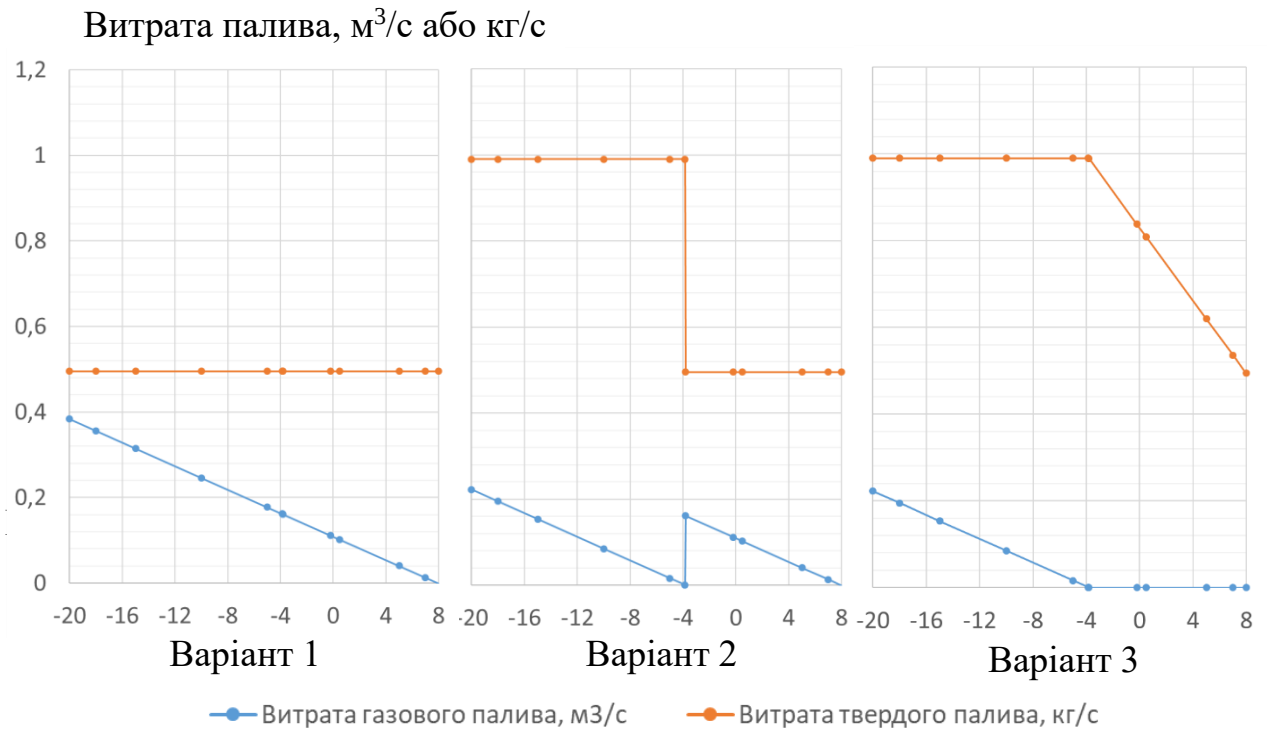


Рисунок 3.2 – Залежність витрати газового та твердого палива для різних температур зовнішнього повітря

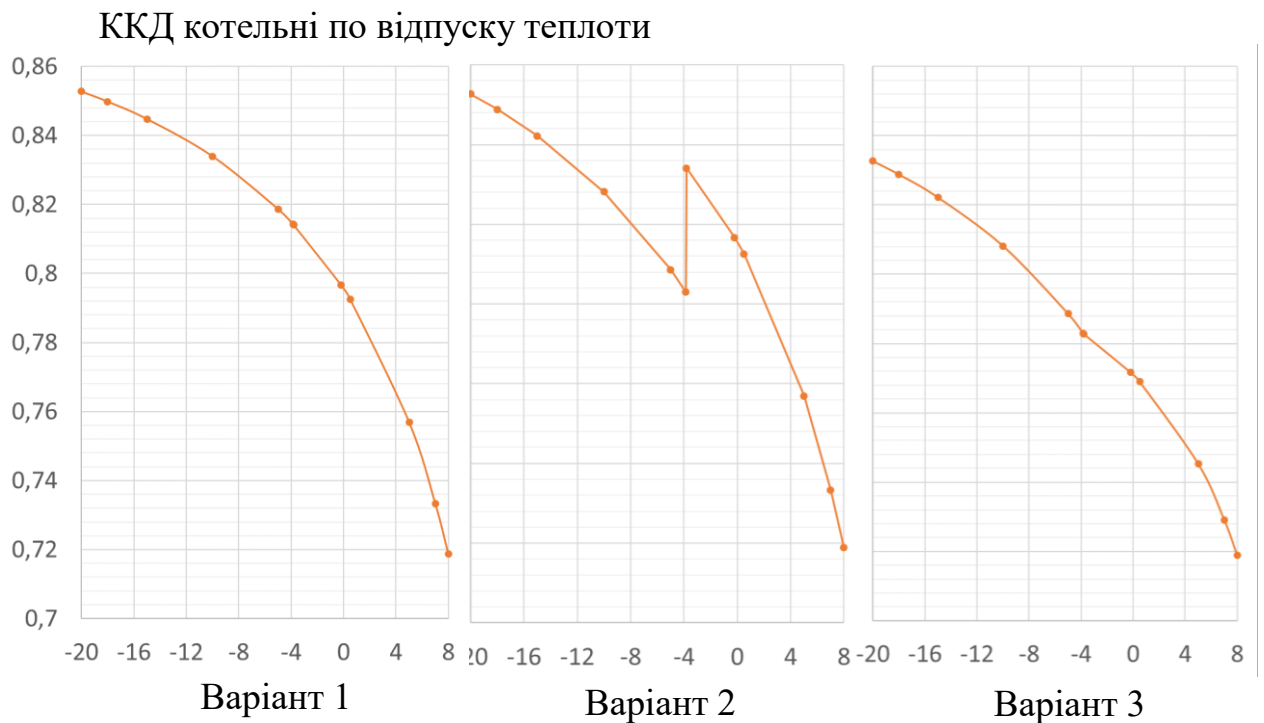


Рисунок 3.3 – Розрахунковий ККД котельні для різних температур зовнішнього повітря

На рис. 3.2 видно, що при переведенні двох котлів на тверде паливо майже вдвічі зменшується витрата природного газу. Але з іншого боку, переведення котла КВГ-6,5 на спалювання твердого палива призводить до зменшення його теплової потужності з 7,56 МВт до 5 МВт.

І якщо існуюча газова котельня майже весь рік (до температури -15°C) може мати резервний газовий котел, то при переведенні одного котла на тверде паливо резервний котел працює при температурі зовнішнього повітря нижче -10°C .

На рис. 3.3 показаний результат моделювання ККД котельні по відпуску теплоти. В існуючій котельні ККД по відпуску знаходиться в межах 0,779...0,874.

Але при роботі котельні з одним переведеним на тверде паливо котлом з сталою продуктивністю ККД зменшується до 0,719...0,852. Тобто на 2,2...6%.

Якщо перевести на тверде паливо два котли і максимальної їх завантажити протягом року то ККД подає до 0,719...0,832. Тобто на 4,2...6%.

Таким чином, при переведенні одного або двох котлів КВГ-6,5 на тверде паливо відбувається економія природного газу, але зменшується ККД котельні по відпуску теплоти.

3.3 Екологічні аспекти використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні

Оцінка впливу процесу виробництва теплоти шляхом спалювання палива протягом життєвого циклу включає в себе кілька етапів та аспектів, які мають бути ретельно проаналізовані. Основні етапи та аспекти, які включаються в таку оцінку:

1) видобуток та транспортування палива включає у себе видобуток сировини та її транспортування, а саме аналіз впливу на довкілля під час видобутку палива, включаючи забруднення води, ґрунту та повітря та оцінка впливу транспортування палива до місця виробництва теплоти (враховується викиди від транспорту, можливі витіки та аварії);

2) виробництво теплоти включає у себе процес спалювання його ефективність і технології, а саме оцінка викидів парникових газів, твердих часток, оксидів азоту та сірки, визначення ефективності спалювання палива та утилізації отриманої теплоти, аналіз технологій зниження викидів та використання сучасних методів очищення;

3) використання теплоти включає у себе енергоефективність, систему розподілу, а саме оцінку енергоефективності систем, які використовують теплоту, і їх вплив на загальне споживання енергії, аналіз втрат теплоти під час транспортування та розподілу від місця виробництва до кінцевих споживачів;

4) вплив на довкілля включає в себе викиди в атмосферу, вплив на екосистеми, здоров'я людей, а саме кількісна оцінка викидів CO_2 , NO_x , SO_x та інших забруднювачів, аналіз впливу забруднення на локальні екосистеми, флору і фауну, вивчення впливу на здоров'я людей через якість повітря та можливе забруднення води і ґрунту;

5) управління відходами включає у себе золу та шлаки, рекуперацію енергії, а саме оцінку способів утилізації або переробки відходів, які утворюються під час спалювання, можливість повторного використання відходів для отримання додаткової енергії;

6) повний життєвий цикл, а саме комплексна оцінка впливу на довкілля протягом усього життєвого циклу, від видобутку палива до утилізації відходів.

Отже під час виробництва теплоти шляхом спалювання органічного палива різного походження необхідно мінімізувати вплив на довкілля шляхом розробки рекомендацій щодо зменшення негативного впливу на довкілля, розглядати можливості переходу на менш шкідливі для довкілля джерела енергії, такі як відновлювані джерела.

SimaPro - це програмний продукт, що може бути використаний для аналізу екологічного впливу та проведення оцінки життєвого циклу (LCA). Використання SimaPro дозволяє моделювати та оцінювати вплив виробу та процесів на навколишнє середовище на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

За допомогою SimaPro 9.6.0.1 проаналізовано процес виробництва теплоти за рахунок спалювання таких палив як природний газ та тріска деревини твердих порід під час реалізації трьох варіантів використання альтернативних палив, розглянутих у попередніх підрозділах..

Впливу варіантів модернізації та існуючої котельні на екосистему (Ecosystems), показано на рис. 3.4.

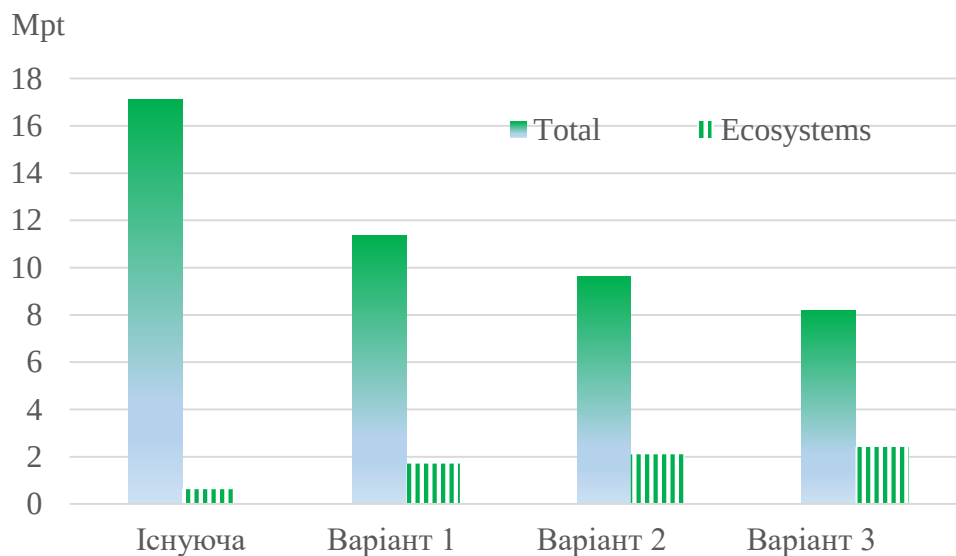


Рисунок 3.4 – Вплив на різних варіантів модернізації на екосистему протягом життєвого циклу у екобалах (pt)

Із рис. 3.4 можна зробити висновок, що найбільший вплив на екосистему має варіант 3, а найменший – існуюча котельня.

Користуючись SimaPro 9.6.0.1 проведено оцінку вплив у вказаних варіантів модернізації на вичерпання ресурсів, отримані результати показані на рис. 3.5.

Результати оцінювання впливу на здоров'я людини (Human Healf) досліджуваних варіантів модернізації котельні представлені на рис. 3.6.

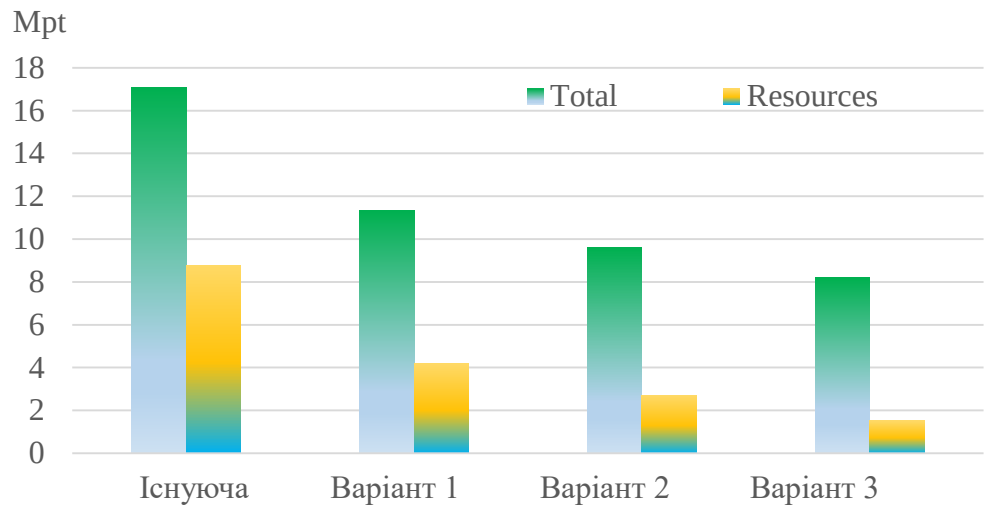


Рисунок 3.5 – Вплив на різних варіантів модернізації на вичерпання ресурсів протягом життєвого циклу у екобалах (pt)

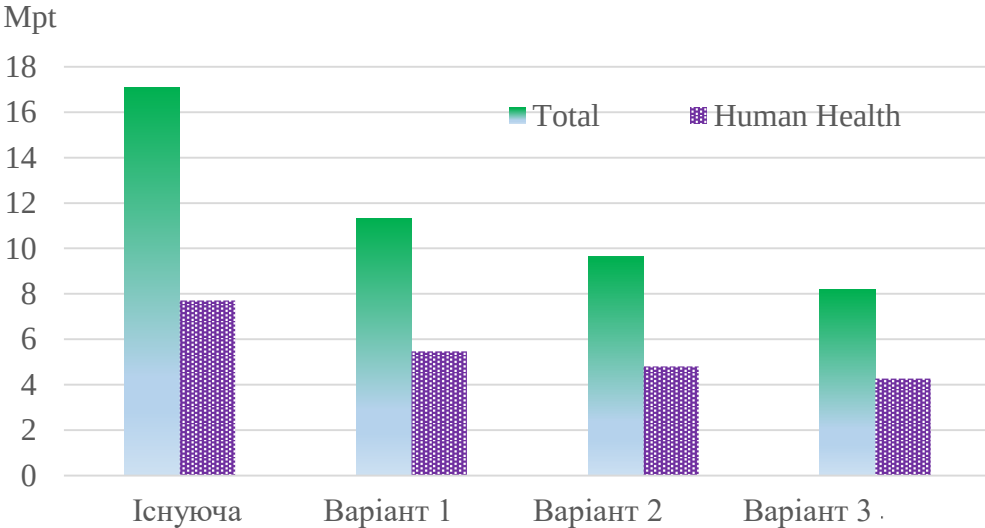


Рисунок 3.6 – Вплив на різних варіантів модернізації на здоров'я людини протягом життєвого циклу у екобалах (pt)

Провівши оцінювання результатів, показаних на рис. 3.5 та рис. 3.6 можна зробити висновок, що вплив на вичерпання ресурсів і на здоров'я людини мають однакову тенденцію впливу, тобто, чим більше мо заміщуємо викопне паливо, тим менший вплив на здоров'я людей і вичерпання ресурсів. Таку ж тенденцію має і загальний вплив різних варіантів модернізації протягом життєвого циклу: найбільший вплив створює існуюча котельня, а найменший вплив – варіант 3 модернізації, коли на спалювання твердого палива передодиться два котли, тоді як один твердопаливний котел працює із сталим навантаженням 5 МВт, другий твердопаливний котел включається з регульованим по необхідності навантаженням, якщо не вистачає потужності двох твердопаливних котлів – включається третій (газовий) котел з регульованим навантаженням.

Прийнятий до розгляду варіант 1 модернізації у порівнянні із існуючою котельнею має загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище менше на 33,7%.

3.4 Техніко-економічні аспекти використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні

Економічні показники роботи котельні такі як складові експлуатаційних витрат, собівартість виробництва теплоти визначаються за відомими залежностями (2.15) – (2.24).

Термін окупності інвестицій $K_{\text{дод}}$ в модернізацію

$$\Delta T = K_{\text{дод}} / (C_{\text{річ існуюча}} - C_{\text{річ модернізована}}), \quad (3.1)$$

За наведеним вище рівняннями проведені дослідження техніко-економічних показників для трьох варіантів роботи модернізованої котельні, а саме:

– **Варіант 1.** Один твердопаливний котел працює із сталим навантаженням 5 МВт, а один або два газові котли включаються по необхідності;

– **Варіант 2.** Твердопаливні котли працюють зі сталим навантаженням, коли вистачає навантаження – працюють два твердопаливні котли, інакше – працює один твердопаливний котел, при цьому третій котел (газовий) включається з регульованою потужністю по необхідності.

– **Варіант 3.** Один твердопаливний котел працює із сталим навантаженням 5 МВт, другий твердопаливний котел включається з регульованим по необхідності навантаженням, якщо не вистачає потужності двох твердопаливних котлів – включається третій (газовий) котел з регульованим навантаженням.

Результати розрахунків представлені в табл. 3.1.

Як видно з таблиці всі варіанти модернізації раціональні, але найменший термін окупності має варіант переведення на тверде паливо одного котла.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники існуючої та модернізованої котельні

№	Назва показника	Модернізована котельня		
		варіант 1	варіант 2	варіант 3
1	Річний відпуск теплоти, ГДж/рік	119 997		
2	Річна витрата природного газу, м ³ /рік	1,916	1,059	0,349
3	Річна витрата тріски деревини, т/рік	7 659	10 290	12 471
4	Витрати на паливо, млн. грн / рік	39,19	36,81	34,83
5	Річна витрата електроенергії, млн. кВт·год/рік	1,192	1,212	1,253
6	Витрати на електроенергію, млн.грн/рік	8,155	8,292	8,577
7	Витрати на воду, млн.грн/рік	0,1902		
8	Балансова вартість та додаткові інвестиції, млн грн	17+10	17+20	17+20
9	Амортизаційні відрахування, млн.грн / рік	2,025	2,775	2,775
10	Витрати на поточний ремонт, млн. грн / рік	0,405	0,555	0,555
11	Оплата праці, млн. грн. / рік	6,091		
12	Інші витрати, млн. грн / рік	0,561	0,547	0,530

13	Загальні експлуатаційні витрати, млн.грн/рік	56,62	55,26	53,54
14	Собівартість виробництва теплової енергії, грн/ГДж	471,9	460,5	446,2
15	Термін окупності інвестицій в модернізацію, років	2,83	4,08	3,02

3.5 Висновок до розділу 3

Розроблено математичну модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні на основі матеріальних та теплових балансових рівнянь. З розробленої моделі виконано дослідження впливу зміни температури навколишнього середовища на показники теплової схеми котельні для трьох варіантів модернізації шляхом переведення водогрійних котлів на спалювання тріски деревини. Розглянуто варіанти: варіант 1 – переведення на спалювання біомаси одного водогрійного котла за умови його роботи із сталим навантаженням 5МВт протягом опалювального періоду; варіант 2 – переведення на спалювання біомаси двох водогрійних котлів за умови їх роботи (одного або двох) лише зі сталим навантаженням 5МВт кожен протягом опалювального періоду; варіант 3 – переведення на спалювання біомаси двох водогрійних котлів за умови роботи одного із них зі сталим навантаженням 5МВт протягом опалювального періоду, а другого – зі змінним. В усіх випадках за нестачі потужності вмикається резервний газовий котел, або два резервних котли. Виявлено, що потужність котельні змінюється від 4,99 МВт до 16,87 МВт. При цьому температурний графік знижується від 105/70 до 46,1/36,9°C. Такі зміни основних показників котельні впливають на витрату газового та твердого сипучого палива, ККД котельні та споживання електроенергії на власні потреби котельні. Чим більше завантажені твердопаливні котли, тим більше економія природного газу, але при цьому менше ККД котельні по відпуску теплоти і менше можливість резерву потужності. Проведено розрахунок техніко-економічних показників варіантів модернізації котельні. Найменший термін окупності капіталовкладень (2,83 роки) у обраного до реалізації варіанту переведення одного котла на тверде паливо і його робота на повному

навантаженні протягом опалювального періоду. У обраному варіанті собівартість виробництва теплоти на 5,9 % зменшується, а скорочення споживання природного газу складе 54,6% у порівнянні з існуючою котельнею.

Використовуючи концепцію оцінки життєвого циклу у програмному продукті SimaPro 9.6.0.1 оцінено вплив техногенного навантаження опалювальної котельні на навколишнє середовище. Аналіз екологічних показників для трьох варіантів модернізації і існуючої котельні показав, що найменший загальний вплив на навколишнє середовище, а також найменший вплив на вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант 3, а найменший вплив на екосистему – існуюча котельня. Але існуюча котельня також має і найбільший загальний вплив. У обраному для реалізації варіанті 1 загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище зменшується на 33,7% у порівнянні із роботою котельні на викопному паливі.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологія монтажу системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5 на твердому паливі

4.1.1 Характеристика об'єкту монтажу

Розробляється варіант встановлення циклонів для очищення димових газів після котла КВГ-6,5. Дане обладнання встановлюється на котельні, що виробляє тепло для теплопостачання житлових та громадських будівель у місті Чернівці.

У тепловій схемі котельні з метою заміщення природного газу передбачено переведення одного з трьох водогрійних котлів на спалювання тріски деревини. Оскільки після переведення котла на тверде паливо температура відхідних газів у порівнянні із спалюванням природного газу значно підвищилася прийнято рішення об'єднати систему золовловлення на із системою утилізації теплоти відхідних газів та встановити систему очищення димових газів і з двома циклонами-утилізаторами. Дані циклони містять вбудований теплообмінник, який використовується для підігріву зворотної мережної води перед входом у котел за рахунок теплоти відхідних газів.

Циклон-утилізатор має продуктивність 9800 м³/год, ефективність очищення – 85...90 % і такі габаритні розміри: діаметр 1500 мм, висота 4550 мм. Теплообмінна поверхня утилізатора складає 6,375 м².

Рух димових газів через циклони у димову трубу організовується за допомогою димососу ДН-11,2, що має характеристики : тиск 2120 Па, продуктивність 20150 м³/год, робоча температура не більше 200 °С, габаритні розміри 1627×1792×1682 мм. Роботу димососу забезпечує двигун АІР200М6 потужністю 22 кВт [24].

Необхідний напір для циркуляції мережної води у теплообміннику циклона-утилізатора забезпечується циркуляційним насосом Grundfos MAGNA3

50-180 F, характеристиками: подача $V = 18 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H = 10 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{гвп}} = 23 \dots 764 \text{ Вт}$ [25]. Причому на чотири паралельно встановлених циклона-утилізатора встановлюється один насос.

Транспортування зворотної мережної води виконується сталевими електрозварними трубами (ДСТУ 8943:2019) [26]. Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені запірні крани (шарові) з фланцевим з'єднанням.

Транспортування відхідних газів виконується газоходами із корозійно-стійкої сталі класу П товщиною 0,6 мм.

Димова труба виготовлена із труби димохідної утепленої з нержавіючого матеріалу (AISI(201/201)) Ø 1000/1100 товщина стінки 0,8 мм, довжина секції 1000 мм, виробник Versia-Lux [27]. Висота димової труби 30,24 м.

До обсягу робіт у даному проекті не включені роботи з влаштування фундаменту під димову трубу.

4.1.2 Основні та допоміжні матеріали та вироби для монтажу

Розрахунок та комплектування основних матеріалів наведено у таблиці 4.1, а допоміжних матеріалів та виробів – у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Основні матеріали для монтажу

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Циклон–утилізатор з теплообмінником $6,375 \text{ м}^2$, $D = 1500 \text{ мм}$	шт.	2	761	1522
2	Димосос ДН-11,2	шт.	1	890	890
3	Насос Grundfos MAGNA3 50-180 F	шт	1	20,8	20,8
4	Кран кульовий фланцевий BREEZE 11с32п Ду 50	шт	4	7,3	29,2
5	Кран кульовий фланцевий BREEZE 11с32п, Ду 65	шт	3	10	30

Продовження табл. 4.1.

1	2	3	4	5	6
6	Клапан зворотній міжфланцевий TIS C080 PN 16, Ду 65	шт	1	1,2	1,2
7	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019 Ду 65 [4]	м	47,95	5,4	258,93
8	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019 Ду 50 [4]	м	15,54	3	46,62
9	Дросель-клапан ДКП 900×500		2	19,9	39,8
10	Трійник 87°, 900×500/900×500, $\delta = 1,5$ мм (3,19 м ²)	шт	1	37,32	37,32
11	Перехід зі зміщенням 900×500 мм, Н= 950 мм, L = 1,2 м, $\delta = 1,5$ мм (4,23м ²)	шт	1	49,49	49,49
12	Коліно 90°, 900×500 мм, $\delta = 1,5$ мм (1,93 м ²)	шт.	1	22,58	22,58
13	Перехід 900×500 / 350×1100 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,5$ мм (1,47 м ²)	шт	2	17,2	34,4
14	Перехід Ø560 / Ø930 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,5$ мм (1,06 м ²)		2	12,4	24,8
15	Коліно 90°, Ø560 мм, $\delta = 1,5$ мм (1,83 м ²)		3	21,41	64,23
16	Трійник 87°, Ø800 / Ø560 , $\delta = 1,5$ мм (2,36 м ²)		1	27,61	27,61
17	Коліно 90°, Ø800 мм, $\delta = 1,5$ мм (3,56 м ²)		2	41,65	83,3
18	Перехід Ø800 / Ø560 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,5$ мм (0,9 м ²)		1	10,53	10,53
19	Перехід Ø800 / Ø660 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,5$ мм (0,94 м ²)		1	11	11
20	Перехід 700×700 / 420×560 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,5$ мм (1,0 м ²)		1	11,7	11,7
21	Коліно 90°, 700×700 мм, $\delta = 1,5$ мм (2,37 м ²)		1	27,73	27,73
22	Газохід 700×700, $\delta = 1,5$ мм (2,8 м ²)	м	2	32,76	65,52
23	Газохід 900×500, $\delta = 1,5$ мм (2,8 м ²)	м	2,6	32,76	85,18
24	Газохід Ø560, $\delta = 1,5$ мм (1,76 м ²)	м	2,98	20,59	61,36

Продовження табл. 4.1.

1	2	3	4	5	6
27	Газохід Ø800, $\delta = 1,5$ мм (2,51 м ²)	м	3,04	29,37	89,28
28	Вибуховий клапан	шт.	1	31,23	31,23
29	Кришка вибухового клапана ø550/620 мм	шт.	1	5,41	5,41
30	Заглушка вибухового клапана ø550/620 мм	шт.	1	2,35	2,35
31	Щогла для димохода Н = 30,24 м	шт	1	629	629
32	Труба димохідна утеплена з нержавійки Ø 1000/1100 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм Versia-Lux [5]	шт	32	80,3	2569,6
33	Трійник 87° утеплений з нержавійки Ø 1000/1100 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1300 мм Versia-Lux [5]	шт	1	78,3	78,3
				Σ=	6860,47

Таблиця 4.2 Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
для монтажу трубопроводів Ду65 [28]					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,259	0,005	1,295
2	Круги армовані абразивні зачи-сні, діаметр 180х6 мм	кг	0,259	0,763	0,345*
3	Пароніт	т	0,259	0,005	1,295
для монтажу трубопроводів Ду50 [28]					
4	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,0466	0,006	0,28
5	Круги армовані абразивні зачи-сні, діаметр 180х6 мм	кг	0,0466	0,813	-
6	Пароніт	т	0,0466	0,007	0,326
для монтажу шарових кранів та зворотних клапанів [28]					
7	Болти з шестигранною голо-вою, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,4 0,4	0,071 0,017	35,2

Продовження табл. 4.2.

1	2	3	4	5	6
8	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,4 0,4	1,7 0,8	1,51
9	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	8	2,06	16,48
10	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 65 мм	шт	8	2,8	22,4
для монтажу насосів Grundfos MAGNA3 50-180 F [29]					
11	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00039	0,39
12	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	1	0,07	0,07
13	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
14	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	2	2,06	4,12
для монтажу циклонів [29]					
15	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,2	6	1,2
16	Каболка	т	0,2	0,00002	0,004
17	Оліфа комбінована К-3	т	0,2	0,00002	0,004
18	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,2	0,0128	2,56
19	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,2	0,0055	1,1
20	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,2	0,00004	0,008
для монтажу димососів [30]					
21	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	1	0,022	22
22	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	1	0,00011	0,11
23	Порошок графітовий	кг	1	0,8	0,8
для монтажу газоходів 900×500 [31]					
24	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,1951	0,0103	2,01
25	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,1951	5,29	1,032

Продовження табл. 4.2.

1	2	3	4	5	6
26	Емульсія мильна	т	0,1951	0,0014	0,273
27	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,1951	0,00039	0,076
28	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,1951	0,0089	1,736
для монтажу газоходів Ø560 [31]					
29	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,1285	0,0027	0,347
30	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,1285	2,47	0,317
31	Емульсія мильна	т	0,1285	0,0012	0,154
32	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,1285	0,00048	0,062
33	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,1285	0,0071	0,912
для монтажу газоходів Ø800 [31]					
34	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,1895	0,0103	1,952
35	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,1895	5,29	
36	Емульсія мильна	т	0,1895	0,0014	0,265
37	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,1895	0,00039	0,074
38	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,1895	0,0089	1,687
для монтажу газоходів 900×500 [31]					
39	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,0897	0,0103	0,924
40	Вироби гумові техн. морозостійкі	кг	0,0897	5,29	0,475
41	Емульсія мильна	т	0,0897	0,0014	0,126
42	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,0897	0,00039	0,035
43	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,0897	0,0089	0,798
для монтажу вибухових клапанів 900×500 [31]					
44	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	2	0,00012	0,24

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
45	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	2	0,15	0,3
46	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	2	0,00015	0,3
для монтажу димової труби [32]					
47	Болти з шестигранною головою, діаметр різьби 10 мм	т	3,28	0,00253	8,3
48	Цвяхи будівельні з плоскою головою 1,8х60 мм	т	3,28	0,00001	0,033
49	Канати пенькові просочені	т	3,28	0,0001	0,328
50	Розчинник для лакофарбових виробів N 649	т	3,28	0,00006	0,197
51	Електроди, діаметр 8 мм, марка Э46	т	3,28	0,0207	67,9
52	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,35 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, II гатунки	м ³	3,28	0,001	3,28
53	Шпали просочені для залізниці широкої колеї, обрізні і необрізні хвойні, тип II	шт	3,28*0,08	80	20,99
54	Окремі конструктивні елементи з конколистової сталі до 0,5 т	т	3,28	0,0105	34,44
55	Грунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	3,28	0,00031	1,017
для гідравлічного випробування трубопроводів [29]					
56	Оліфа натуральна	кг	0,659	0,02	0,013
57	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,659	0,00005	0,033
58	Очіс льняний	т	0,659	0,00002	0,013
59	Вода	м ³	0,4795 0,1554	3,8 1	1980
				Σ=	262,4

Маса основного обладнання і матеріалів – 6860,47.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 262,4 кг.

Необхідна кількість води – 1980 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 6860,47 + 262,4 + 1935,35 = 9058,22 \text{ (кг)}.$$

4.1.3 Склад робіт під час монтажу системи очищення димових газів

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів та газоходів.
3. Монтаж циклонів-утилізаторів з теплообмінником $6,375 \text{ м}^2$, $D=1500 \text{ мм}$.
4. Монтаж димососа ДН-11,2.
5. Прокладання газоходів і фасонних частин $900 \times 500 \text{ мм}$.
6. Монтаж дросель-клапанів ДКП 900×500 .
7. Монтаж вибухових клапанів $\varnothing 620 \text{ мм}$.
8. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 560 \text{ мм}$.
9. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 800 \text{ мм}$.
10. Прокладання газоходів і фасонних частин $700 \times 700 \text{ мм}$.
11. Монтаж щогли та димової труби.
12. Прокладання трубопроводів діаметром $76 \times 3 \text{ мм}$.
13. Монтаж насоса контуру циклонів-утилізаторів Grundfos MAGNA3 50-180 F.
14. Встановлення зворотних клапанів та кульових кранів Ду 65.
15. Прокладання трубопроводів діаметром $57 \times 3 \text{ мм}$.
16. Встановлення кульових кранів Ду 50.
17. Випробування трубопроводів.
18. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
19. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.1.4 Об'єми робіт з монтажу системи очищення димових газів

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей системи очищення димових газів $9058,22 \text{ кг}$ ($9,06 \text{ т}$).
Приймаємо об'єм $V = 9,06$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів та газоходів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всієї мереж газоходів та трубопроводу складає $L = 101$ м. Приймаємо об'єм $V = 1,01$.

3. Монтаж циклонів-утилізаторів з теплообмінником $6,375 \text{ м}^2$, $D = 1500$ мм. Одиниці вимірювання – 10 штук. У системі очищення димових газів встановлюється 2 циклони. Приймаємо об'єм $V = 0,2$.

4. Монтаж димососа ДН-11,2. Одиниці вимірювання – 1 штука. У системі очищення димових газів встановлюється 1 димосос. Приймаємо об'єм $V = 1$.

5. Прокладання газоходів і фасонних частин 900×500 мм. Одиниці вимірювання – 100 м^2 . У системі очищення димових газів монтується $19,51 \text{ м}^2$ газоходів і фасонних частин 900×500 мм. Приймаємо об'єм $V = 0,1951$.

6. Монтаж дросель-клапанів ДКП 900×500 . Одиниця вимірювання – 1 шт. У системі очищення димових газів монтується 2 дросель-клапани 900×500 мм. Приймаємо об'єм $V = 2$.

7. Монтаж вибухових клапанів $\varnothing 620$ мм. Одиниця вимірювання – 1 шт. У системі очищення димових газів монтується 2 вибухових клапани $\varnothing 620$ мм. Приймаємо об'єм $V = 2$.

8. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 560$ мм. Одиниця вимірювання – 100 м^2 . У системі очищення димових газів монтується $12,85 \text{ м}^2$ газоходів і фасонних частин даного діаметру. Приймаємо об'єм $V = 0,1285$.

9. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 800$ мм. Одиниця вимірювання – 100 м^2 . У системі очищення димових газів монтується $18,95 \text{ м}^2$ газоходів і фасонних частин даного діаметру. Приймаємо об'єм $V = 0,1895$.

10. Прокладання газоходів і фасонних частин 700×700 мм. Одиниці вимірювання – 100 м^2 . У системі очищення димових газів монтується $8,97 \text{ м}^2$ газоходів і фасонних частин 700×700 мм. Приймаємо об'єм $V = 0,0897$.

11. Монтаж щогли та димової труби. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей щогли та димової труби $3276,9 \text{ кг}$ ($3,28 \text{ т}$). Приймаємо об'єм $V = 3,28$.

12. Прокладання трубопроводів діаметром 76×3 мм. Одиниці вимірювання - тони. Маса трубопроводів складає 258,93 кг. Приймаємо об'єм $V = 0,259$.

13. Монтаж насоса контуру циклонів-утилізаторів Grundfos MAGNA3 50-180 F. Одиниці вимірювання – штуки . У системі очищення відхідних газів встановлюємо 1 насос. Приймаємо об'єм $V = 1$.

14. Встановлення зворотних клапанів та кульових кранів Ду 65. Одиниці вимірювання – 10 шт. У системі очищення димових газів встановлюється 4 елементи. Приймаємо об'єм $V = 0,4$.

15. Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм. Одиниці вимірювання - тони. Маса трубопроводів складає 46,62 кг. Приймаємо об'єм $V = 0,0466$.

16. Встановлення кульових кранів Ду 50. Одиниці вимірювання – 10 шт. У системі очищення димових газів встановлюється 4 елементи. Приймаємо об'єм $V = 0,4$.

17. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає $L = 65,85$ м. Приймаємо $V = 0,659$.

18. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всієї мереж газоходів та трубопроводу складає $L = 101$ м. Приймаємо об'єм $V = 1,01$.

19. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 1935,35 кг (1,935 т). Приймаємо об'єм $V = 1,935$.

4.1.5 Машини, механізми, електроінструмент для виконання монтажних робіт

Обладнання для очищення димових газів та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем Renault Midlum 190.12 DXI за два рази. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини Renault Midlum 190.12 DXI [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажна довжина	м	5,9
Вантажопідйомність	кг	5280
Габарити:		
Довжина		7000
Ширина	мм	2480
Висота		2300
Витрата пального	л/100 км	18,7
Повна маса	кг	11990

Оскільки витрата пально вантажним автомобілем згідно із технічними характеристиками складає $Q = 18$ л/100 км, а база забезпечення обладнання знаходиться на відстані $l = 80$ км від даної котельні, то необхідна кількість пального для доставки обладнання

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

$$Q_{\text{п}} = 0,187 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 80 = 59,84 \text{ (л)}.$$

Для зварювання використовується зварювальний напівавтомат Edon MIG 315 з технічними характеристиками [34]:

- максимальна споживана потужність, кВт – 10;
- максимальний зварювальний струм, А – 315
- напруга мережі живлення, В – 220;
- діаметр електродів, мм – 1,6 – 5,0;
- діаметр використовуваного дроту, мм – 0,6 – 1,0;

- коефіцієнт корисної дії, % =85;
- маса – 16 кг.

Затрати електроенергії для роботи зварювального апарату

$$\tau = 95,8 \text{ год}; P = 10 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{за}} = 10 \cdot 95,8 = 958 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для монтажу шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів застосовується кутова шліфмашина Mächtz MAG-18/1970 VS [35], з наступними технічними характеристиками:

- діаметр диска 180 мм;
- потужність 1970 Вт;
- частота обертання 4000 – 8000 об/хв;
- номінальна напруга 220 В;
- маса 4,4 кг.

Затрати електроенергії для роботи кутової шліфмашини

$$\tau = 0,926 \text{ год}; P = 1,97 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{за}} = 1,97 \cdot 0,926 = 1,824 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо ручний опресувальний насос Badestnost PRB25M з характеристиками : створюваний тиск 0 – 250 бар, об'єм баку 25 см³, маса 4,2 кг [36].

Для підйому димососів і циклонів-утилізаторів використовуємо лебідку з електроприводом ЛМЧ–1. Її характеристики вказані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом ЛМЧ–1 [37]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	т	1,0
Напруга мережі	В	380
Швидкість навивки каната	м/с	0,3
Діаметр каната на 1 шарі	мм	10
Канатоємність	м	100
Потужність двигуна	кВт	4
Габаритні розміри: Довжина×Ширина × Висота	мм	800× 825 × 550
Маса	кг	269

Затрати електроенергії для роботи лебідки з електроприводом

$$\tau = 21,78 \text{ год}; P = 4 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{леб}} = 4 \cdot 21,78 = 87,12 \text{ (кВт·год)}.$$

Ефективна робота монтажною ланкою виконується завдяки використанню набору інструментів та пристосувань для монтажників, загальна маса якого у переносному ящику складає 11,75 кг.

Для переміщення трубопроводів, фасонних елементів по території котельні використовуємо візок гідравлічний ручний Staxx PWH25-II [38]. Його характеристики вказані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 –Візок гідравлічний ручний Staxx PWH25-II [38]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	2,5
Довжина вил	мм	1150
Ширина вил	мм	550
Маса неттл/брутто	кг	67 / 69

Для випробування газоходів використовуємо компресор пересувний повітряний Dnipro-M AC-50VG з характеристиками [39]: об'єм ресивера 50 л; продуктивність на вході 0,4 м³/хв; потужність 2200 Вт; робочий тиск 8 бар; кількість обертів 2850 об/хв; напруга мережі 230 В; маса 58 кг.

Затрати електроенергії для роботи пересувного повітряного компресора

$$\tau = 12,45 \text{ год}; P = 2,2 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{пк}} = 2,2 \cdot 12,45 = 27,39 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для монтажу газоходів використовуємо ножичний підйомник GS 1932 з характеристиками [40]: довжина підйомної платформи – 2,54 м; ширина підйомної платформи – 810 мм; максимальна висота підйому – 7800 мм; максимальна вантажопідйомність – 227 кг; вага – 1503 кг.

Для підйому елементів димової труби використовуємо автокран КС-45729А-С-02. Його характеристики вказані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики автокрану КС-45729А-С-02 [41]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	16
Висота підйому	м	20,4
Кількість секцій стріли		3
Вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли 20,75 м	т	0,6
Швидкість пересування	км/год	60
Габаритні розміри у транспортному положенні		
довжина	мм	10700
ширина	мм	2550
висота	мм	3900

Тривалість роботи автокрану

$$\tau = 3,28 \cdot 1,18 = 3,87 \text{ (год)}.$$

Необхідна кількість палива для вантажних робіт автокраном

$$Q_v = 8,8 \cdot 3,87 = 34,06 \text{ (л)}.$$

Загальна витрата пального

$$Q_{\text{пальн}} = Q_{\text{п}} + Q_v,$$

$$Q_{\text{пальн}} = 59,84 + 34,06 = 93,9 \text{ (л)}.$$

Загальна маса допоміжного обладнання складає 1935,35 кг.

Загальна витрата електроенергії для роботи електроінструменту

$$E_{\Sigma} = 958 + 1,824 + 87,12 + 27,39 = 1074,334 \text{ (кВт·год)}.$$

4.1.6 Трудомісткість виконання робіт з монтажу системи очищення димових газів

Трудомісткість виконання робіт із монтажу циклонів-утилізаторів, димососу, насосу, газоходів та трубопроводів визначається з врахуванням об'ємів робіт, визначених у пункті 4.1.4 роботи.

Трудомісткість виконання робіт з монтажу [42], люд.-дні

$$Q = V \cdot H_{\text{ч}} / B, \quad (4.2)$$

де V – об’єм робіт;

H_q – норма часу на одиницю виміру, люд.-год [28 – 32];

B – кількість годин в зміні, год.

У даній роботі передбачається виконання монтажних робіт у одну зміну. Тривалість зміни визначається у відповідності із трудовим законодавством України і приймається 8 годин.

Тривалість робіт з монтажу [42], дні

$$T=Q/n, \quad (4.3)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд.-дні;

n – кількість робітників, люд.

Кваліфікацію та кількість працівників (n) монтажною ланки для виконання певних видів робіт наведено у підрозділі 4.1.7 роботи.

Результати розрахунків за залежностями (4.2) та (4.3) для конкретних видів робіт з монтажу системи очищення димових газів наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. вимір	Об’єм робіт	Норма часу, люд.-год	Трудо-місткість, люд.-дні	Виконавці		Тривалість, дні
					кількість	Склад бригади	
Доставка деталей до місця монтажу	т	9,06	4,4	4,983	2	1 робітник 1 водій	2,49
Розмітка місць прокладання трубопроводів і газоходів	100 м	1,01	1,6	0,202	6р-1 3р-1	Монтажники 4,5 розряд	0,101
Монтаж циклонів-утилізаторів з теплообмінником 6,375 м ² , D = 1500 мм	10 шт.	0,2	441,83	11,05	6р-1 4р-1 2р-1	Монтажники 4,3 розряд	3,68
Монтаж димососа ДН-11,2	шт.	1	39,2	4,9	6р-1 5р-1 4р-1 3р-1	Монтажник 4,5 розряд	1,225
Прокладання газоходів і фасонних частин 900×500 мм	100 м ²	0,1951	232,9	5,68	5р.-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,42

Продовження табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж дросель-клапанів ДКП 900×500	шт.	2	6,78	1,695	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 3,4 розряд	0,565
Монтаж вибухових клапанів Ø620 мм.	шт.	2	6,83	1,71	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,57
Прокладання газоходів і фасонних частин Ø560 мм.	100 м ²	0,1285	302,6	4,86	5р.-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,22
Прокладання газоходів і фасонних частин Ø800 мм	100 м ²	0,1895	232,9	5,517	5р.-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,379
Прокладання газоходів і фасонних частин 700×700мм	100 м ²	0,0897	232,9	2,61	5р.-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,653
Монтаж щогли та димової труби	т	3,28	83,52	34,24	4р-2 3р-2	Монтажники 4,3 розряд	8,56
Прокладання трубопроводів діаметром 76×3 мм	т	0,259	321,3	10,4	4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	3,47
Встановлення зворотних клапанів та кульових кранів Ду 65	10 шт.	0,4	64	3,2	4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,6
Монтаж насоса контуру циклонів-утилізаторів Grundfos MAGNA3 50-180 F	шт.	1	24,52	3,065	5р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,53
Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм	т	0,0466	410,2	2,39	4р-1 3р-1 2р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,796
Встановлення кульових кранів Ду 50	10 шт.	0,4	64	3,2	4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,6
Випробування трубопроводів	100 м	0,659	8,22	0,677	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,226
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	1,01	2,4	0,303	6р-1 5р.-1	Монтажники 4,2 розряд	0,152
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	1,935	4,4	1,064	2	1 робітник 1 водій	0,532

4.1.7 Склад монтажних ланок для виконання робіт

Склад ланок та середній розряд монтажників для виконання робіт з монтажу системи очищення димових газів визначено згідно [28 – 32].

1. Доставка деталей до місця монтажу. Водій і робітник.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів та газоходів. Два монтажника 6 і 3 розрядів.
3. Монтаж циклонів-утилізаторів з теплообмінником $6,375 \text{ м}^2$, $D = 1500 \text{ мм}$. Монтажники: 6 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина. .
4. Монтаж димососа ДН-11,2. Монтажники : 6 розряду – 1 людина, 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
5. Прокладання газоходів і фасонних частин $900 \times 500 \text{ мм}$. Монтажники : 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
6. Монтаж дросель-клапанів ДКП 900×500 . . Монтажники : 5 розряду – 1 людина , 4 розряду – 1 людини, 3 розряду – 1 людини.
7. Монтаж вибухових клапанів $\varnothing 620 \text{ мм}$. Монтажники : 5 розряду – 1 людина , 4 розряду – 1 людини, 3 розряду – 1 людини..
8. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 560 \text{ мм}$. Монтажники : 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
9. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 800 \text{ мм}$. Монтажники : 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
10. Прокладання газоходів і фасонних частин $700 \times 700 \text{ мм}$. Монтажники : 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
11. Монтаж щогли та димової труби. Монтажники : 4 розряду – 2 людини, 3 розряду – 2 людини.

12. Прокладання трубопроводів діаметром 76×3 мм. Монтажники : 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
13. Монтаж насоса контуру циклонів-утилізаторів Grundfos MAGNA3 50-180 F. Монтажники : 5 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
14. Встановлення зворотних клапанів та кульових кранів Ду 65. Монтажники : 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 1 людина.
15. Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм Монтажники : 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина, 2 розряду – 1 людина.
16. Встановлення кульових кранів Ду 50. Монтажники : 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 1 людина.
17. Випробування трубопроводів. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
18. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Два монтажника 6,5 розряд.
19. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій і робітник.

4.2 Функціональна схема автоматизації водогрійного котла КВ-ГМ-6,5

4.2.1 Характеристика об'єкта автоматизації

В опалювальній котельні КП Чернівцітеплоенерго встановлено водогрійні газомазутні котли КВГ-6,5, які призначені для отримання гарячої води температурою 150 °С, яка використовується в системах опалення, гарячого водопостачання промислового і побутового призначення.

Основними елементами котла КВГ-6,5-150 (КВ-ГМ-7,56-150) є: система трубна, яка поєднує топкову камеру і конвективну поверхню нагрівання та газомазутний пальник

Топкова камера має горизонтальне компонування, екранована трубами діаметром 60х3 мм кроком шагом $S = 64$ мм, які входять в колектори діаметром 159х7 мм.

Конвективна поверхня нагрівання, розміщена у вертикальному, повністю екранованому газоході, складається з U-подібних ширм із труб діаметром 28х3 з кроком $S_1=64$ мм, $S_2=40$ мм.

Котел КВГ-6,5-150 (КВ-ГМ-7,56-150) обладнаний одним газомазутним пальником, який встановлюється з фронту котла в панель під пальник на фронтальному екрані (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Котел КВГ-6,5

Принцип роботи котла полягає в нагріванні води, яка рухається всередині труб, продуктами згорання палива, що спалюється в топці котла. До пальників котла підводяться паливо – природний газ і повітря. Повітря до пальника подається вентилятором. Горюча суміш, яка утворюється в пальнику, згорає. В результаті

хімічної реакції горіння утворюються продукти згорання, які проходять через газоходи котла, охолоджуються і видаляються димососом в димову трубу, звідки викидаються в атмосферу. Спалювання здійснюється факельним способом.

За принципом циркуляції води котел є прямоточним. Мережна вода із системи подається в нижні колектори екранів топки і бокові екранні конвективні газоходи і піднімається вгору по цих трубах. По мірі нагрівання по конвективних пакетах теплоносій (вода) опускається вниз і виходить з котла до споживачів. Витрата води через котел підтримується постійною. Котел КВГ-6,5-150 може працювати з природною і примусовою тягою.

Підігрівання газоповітряної суміші та хімічна реакція горіння мають швидкий перебіг. Основним фактором тривалості горіння є час, який витрачений на перемішування газу з повітрям у пальнику. Від швидкості та якості перемішування газу з необхідною кількістю повітря залежать швидкість і повнота згорання газу, довжина факела та температура полум'я. Для стійкого процесу горіння димососом створюється необхідне розрідження. Якщо досягти співвідношення витрати повітря до подачі природного газу щоб забезпечити коефіцієнт надлишку повітря в діапазоні 1,05...1,2, то процес спалювання буде здійснюватися з максимальною економічністю. Для зменшення інтенсивності зовнішньої корозії труб водогрійних котлів необхідно підтримувати температуру води на вході в котел вищою за температуру точки роси відхідних газів. Для забезпечення температури води на вході в котел не менше 60 °С необхідно подавати деяку кількість води, яка вийшла з водогрійного котла в лінію рециркуляції.

Технічні характеристики котла КВГ – 6,5 показані в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Технічні характеристики котла КВГ – 6,5 [43]

Характеристика	Значення
1	2
Номінальна теплопродуктивність, МВт	7,56
Температура води на вході, °С	70
Температура води на виході, °С	150
Тиск води на вході в котел, не більше, МПа	1,6

Продовження табл. 4.8.

1	2
Тиск води на виході з котла, не менше, МПа	1,0
Витрата води, м ³ /год	80,2
Гідравлічний опір, МПа	0,245
Розрідження в топці, Па	20
Тиск газу на пальниках, мінімальний, МПа	0,00085
Тиск газу на пальниках максимальний, МПа	0,015
Паливо – природний газ	
Витрата палива, м ³ /год	822,6
Температура відхідних газів, °С	140
ККД котла, %	91

4.2.2 Обґрунтування вибору величин, які регулюються. Схеми автоматичного регулювання

Завдання автоматизації котлів полягає у забезпеченні рівноваги між виробленою енергією та енергією, яка використовується споживачами із врахуванням втрат, тобто задача автоматичного регулювання технологічних процесів зводиться до підтримання матеріального і енергетичного балансів для стаціонарного режиму роботи котла. До порушення балансів в котлі призводять внутрішні і зовнішні збурення, внаслідок чого виникають перехідні процеси. Зовнішні збурення в котлі: зміна навантаження споживача, зміна тиску, зміна температури води на вход в котел. До внутрішніх збурень відносять зміну якості або кількості палива. При цьому автоматичний регулятор повинен подати такий регулюючий вплив на котел, щоб за досить малий проміжок часу встановити в ньому матеріальний та тепловий баланси, що і є задачею автоматики котла.

Об'єктом регулювання є безпосередньо водогрійний котел. На якість проходження технологічного процесу у котлі впливають наступні параметри:

тиск природного газу, який подається газорозподільними пристроями; температура води на вході в котел, яка подається насосами, тиск повітря після вентиляторів. В пальнику паливна суміш переміщується і згоряє, віддаючи теплоту в топку екрановану трубами в яких нагрівається вода, яка з котла поступає в трубопровід прямої мережної води і до споживачів котла. Вихідними продуктами в технологічному процесі приготування гарячої води є відхідні гази та нагріта вода (рис. 2.1).

Під час спалювання газоподібного палива потрібно забезпечити:

- якісне перемішування газу з повітрям;
- ведення процесу з надлишками повітря близькими до 1;
- розділити потік суміші на окремі струмені.

Крім функцій контролю герметичності газових блоків і автоматичного розпалювання пальників автоматика котла повинна забезпечувати:

- – автоматичне регулювання потужності котла;
- – автоматичне регулювання розрідження в топці котла;
- – автоматичне регулювання співвідношення паливо – повітря;
- – автоматичне регулювання температури води на вході в котел.

АСР потужності котла

Система призначена для підтримання заданої температури води на виході з котла. Основним сигналом в АСР потужності котла є температура води на виході з котла, яка вимірюється датчиком. Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який здійснює керуючий вплив на клапан, що змінює витрату газу перед пальником (рис. 4.2).

Для вимірювання температури води на виході з котла використовується термоперетворювач опору ТСМ 1088 (1-1, поз. 2а), кількість чутливих елементів 1 з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА на програмований контролер Siemens S7-300 (1-2). Далі сигнал подається на пускач

електромагнітний реверсивний (1-3, поз. 2б), який керує клапаном на подачі газу (1-4, поз. 2в).

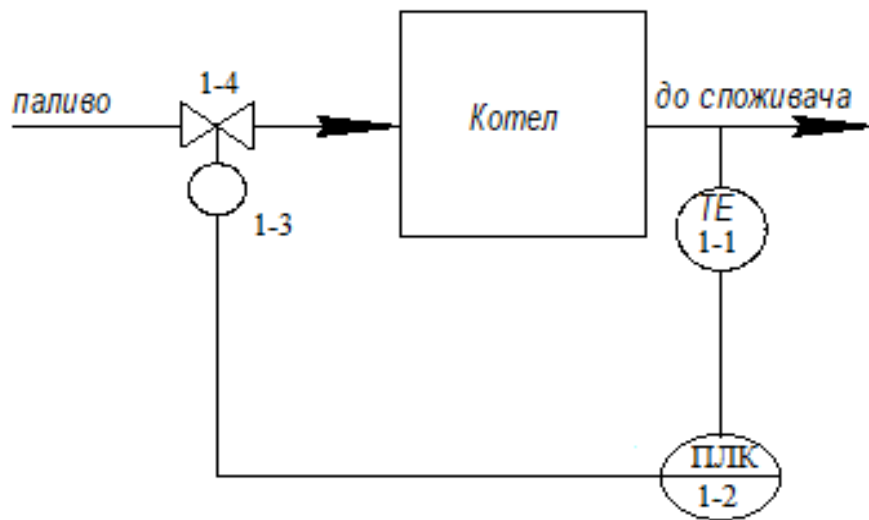


Рисунок 4.2 – Функціональна схема регулювання температури води на виході з котла АСР розрідження в топці котла

Економічність роботи котла залежить від розрідження у верхній частині топки на оптимальному діапазоні значень 20...40 Па. Якщо витримуються оптимальні значення розрідження, то знижуються присмоктування холодного повітря в топку і вибивання димових газів з топки в приміщення котельні.

Для вимірювання тиску в топці котла використовується інтелектуальний датчик МЕТРАН 150CD (1-1, поз. 5а) з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА. Сигнал подається на ПЛК Siemens S7-300, з якого керуючий сигнал подається на перетворювач частоти VLT AQVA FC 20, 22 кВт (1-3, поз. 5б), який регулює частоту обертів димососа (1-4, поз. 5в). Функціональна схема автоматизації показана на рис. 4.3.

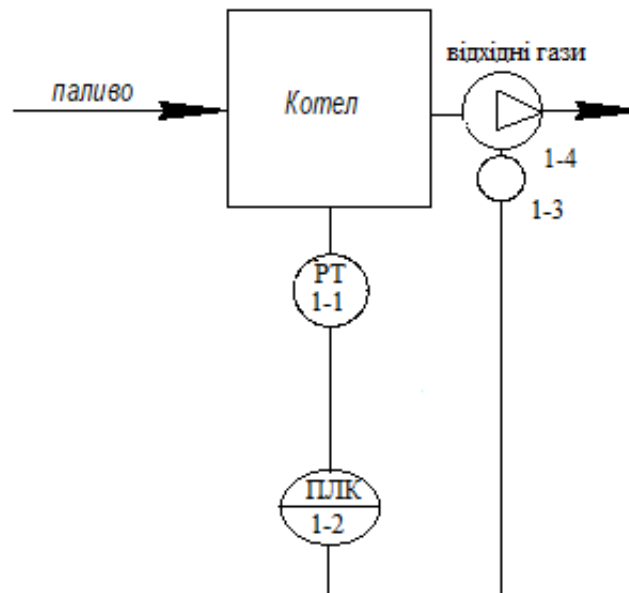


Рисунок 2.2 – Функціональна схема регулювання розрідження в топці котла

4.2.4 Вибір і обґрунтування засобів автоматизації

У вимірювальних каналах системи знаходяться наступні прилади: , перетворювачі, прилади для вимірювання температури, прилади для вимірювання тиску, прилади для вимірювання витрати, пристрої зв'язку з об'єктом (контролери), лінії зв'язку і передачі даних, програмне забезпечення. Допустимі похибки засобів вимірювань:

- тиску – не більше 1%;
- температури – не більше $\pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- витрати – 1% від витрати.

Контролер SIEMENS SIMATIC S7-300

Для реалізації АСУ ТП водогрійного котла ПТВМ-30 застосовується контролер SIEMENS SIMATIC S7-300.

Програмований логічний контролер SIMATIC S7-300 призначений для вирішення завдань автоматизації і застосовується в різних галузях промисловості: текстильній, машинобудувальному обладнанні, системах водопостачання та ін. Конфігурація серії S7-300 має великий набір різних модулів за допомогою яких є можливість автоматизувати складне технологічне обладнання [44].

Модулі серії Simatic S7-300:

- модуль центрального процесора CPU дозволяє виконувати задані програми користувача і керувати всіма вузлами контролера;
- сигнальні модулі SM забезпечують введення/виведення дискретних і аналогових сигналів з різними електричними та часовими параметрами;
- комунікаційні процесори CP надають можливість підключити контролер до промислових мереж AS-Interface, PROFIBUS, Industrial Ethernet PROFINET та системи зв'язку PtP.
- функціональні модулі FM – модулі з вбудованим мікропроцесором, які здатні самостійно вирішувати задачі автоматичного регулювання, позиціонування, швидкісної обробки сигналів навіть якщо зупинена робота центрального процесора;
- інтерфейсні модулі IM, які забезпечують можливість підключення стійок введення/виведення до базового блоку (стійка з CPU)
- блоки живлення PS забезпечують живлення контролера від мережі 120/230В AC або відт 24В DC;
- спеціальні модулі. Імітаційний модуль SM 374 для формування вихідних і відображення дискретних сигналів на етапі налагодження прикладних програм і для перевірки роботоздатності контролера під час експлуатації. Модуль DM 370 для резервування місця під сигнальний модуль з ще не визначеними параметрами.

Контролери серії S7-300 дозволяють використовувати у своєму складі до 32 модулів, які можуть бути розподілені по 4-х монтажних стійках. Всі модулі працюють з природним охолодженням.

Можливості Siemens Simatic S7-300:

- вбудовані функції S7-300 суттєво спрощують процеси розробки і налагодження прикладних програм;
- висока швидкодія і підтримка математичних операцій для ефективної обробки даних;
- зручність налаштування параметрів для всіх модулів контролера;
- постійний моніторинг системи для виявлення помилок і відмов за допомогою вбудованих діагностичних функцій
- журнал діагностичних повідомлень з мітками дати та часу;
- захист паролем даних прикладної програми від редагування і копіювання.

Експлуатація контролера допускається за таких умов навколишнього середовища:

- робочі температури в разі горизонтального встановлення 0... 60°C;
- робочі температури в разі вертикального встановлення 0... 40°C;
- відносна вологість повітря 5... 95%.

Ступінь захисту корпусу IP 20.

Перетворювачі частоти

Для регулювання частоти обертів димососа та вентилятора застосовуються перетворювачі частоти типу Danfoss VLT AQVA FC 202: – для димососа VLT AQVA FC 202, 22 кВт, 380В, IP20, для вентилятора VLT AQVA FC 202, 11 кВт, 380В, IP20.

Перетворювач частоти виробництва компанії Danfoss серія VLT AQUA Drive FC-202 – спеціалізоване рішення для керування швидкістю обертання двигунів насосів, вентиляторів і компресорів різних модифікацій.

Основні функції перетворювача частоти [45]:

- автоматична оптимізація енергоспоживання;
- виявлення розривів і протікань;
- захист насоса від сухого ходу;
- режим керування заповнення труб;
- вбудований каскадний контролер;
- функція чергування;
- режим «сон».

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики перетворювачів частоти Danfoss VLT AQUA Drive FC-202 [45]:

Показники	VLT AQUA FC 202, 22 кВт	VLT AQUA FC 202, 11 кВт
Потужність двигуна, кВт	22	11
Номінальний струм, А	44	23
Діапазон вихідної частоти, Гц	0...480	1000
Частота комутації, кГц	2...16	5...32
Перезавантажувальний момент	110% протягом хвилини	110% протягом хвилини
Робоча температура	0...50 °С	0...50 °С
Ступінь захисту	IP 20	IP 20
Габаритні розміри, ВхШхГ мм	520х230х242	490х308х333

Вимірювальні прилади

Для вимірювання концентрації кисню у відхідних газах застосовується газоаналізатор стаціонарний OKCI-5C. Технічні характеристики газоаналізатора показані в табл. 4.10.

Газоаналізатор OKCI-5C встановлюється для моніторингу та керування процесами горіння в котлах та іншому паливоспалювальному обладнанні для підтримання економічного процесу згоряння палива з максимальним для цього режиму коефіцієнтом корисної дії і мінімальними викидами в атмосферу

оксидів вуглецю та азоту. Газоаналізатор вимірює об'ємну концентрацію кисню (O₂) і оксидів вуглецю (CO) у відхідних газах паливоспалювального обладнання.

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики газоаналізатора OKCI 5C [46].

Вимірюваний компонент	Тип датчика	Діапазон вимірювань	I _{виходу}	Сервіс
Кисень O ₂	твердотільний	0,1...5% або 0,1...10%	0...5 мА (4...20) мА	I _{вих} , Гальванічна розв'язка, RS 485 MODBUS, Релейні виходи
	рідкий електроліт	0..21%		
Чадний газ CO	рідкий електроліт	(0...500) ppm (0...1000) ppm		
O ₂ + CO	для O ₂ твердотільний або рідкий електроліт, для CO – рідкий електроліт	залежно від типу датчика		
Додаткове обладнання				
Блок індикації	мікропроцесорний			RS 485 MODBUS
Система пробопідготовки (для CO і рідкого O ₂)	на елементах Пельтьє			ІП, компресор

Прилади та індикатори поставляються в корпусах з захистом IP65.

Для вимірювання розрідження в топці котла, тиску повітря, яке подається на пальники, розрідження в топці, тиску газу на пальниках, витрати газу, витрати води через котел застосовуються інтелектуальні цифрові датчики типу Метран 150. Технічні характеристики датчиків тиску типу Метран 150CG показані в табл. 4.11.

Датчик тиску Метран-150 - сучасний інтелектуальний, цифровий датчик абсолютного тиску – тип ТА, надлишкового тиску – тип TG/CG, диференціального тиску (різниці, перепаду тиску) – тип CD і є сучасним аналогом та заміною датчиків тиску серії Метран-100-ДД (ДІ ДА ДВ ДГ).

Таблиця 4.11 – Технічні характеристики датчиків тиску Метран-150 CG
[47]

Тип тиску	Тиск, розрідження
Одиниці вимірювання	кгс/см ² , МПа, кПа;
Ряд верхніх меж вимірювань	0,025-10000кПа
Похибка вимірювань	0,075; 0,1; 0,2; 0,5%
Вихідний сигнал	4...20 мА з HART - протоколом; 0...5мА
Тип приєднання	Фланцевий
Тиск перевантаження	25 МПа
Напруга живлення	12... 42 В
Тиск перевантаження	25 МПа

Для вимірювання тиску води за котлом до встановлення застосовуються датчики тиску Vika A – 10.

Технічні характеристики [48]:

Перетворювач тиску WKA загально промислового застосування типу А-10.

Деталі, які контактують з вимірювальним середовищем: нержавіюча сталь 316L.

Корпус: нержавіюча сталь 316L.

Основна приведена похибка 1,0 % або 0,5 % від діапазону.

Діапазони вимірювання: 0...0,05 до 0...1000 бар 0...0,1 до 0...25 бар абс. - 1...0 до -1...+24 бар.

Вихідні сигнали: 4...20 мА 2-провідний, 0...5 В 3-провідний, 0...10 В 3-провідний, 0.5...4.5 В 3-провідний, 1...5 В, 3-провідний.

Стандартні характеристики:

Одиниці вимірювання: бар

Приєднання до процесу: G 1/4 A DIN 3852-E.

Ущільнення: NBR.

Електричне приєднання: кутовий роз'єм DIN EN 175301-803, форма А.

Температура вимірювального середовища: $0^{\circ}\dots+80^{\circ}\text{C}$ ($-30^{\circ}\dots+100^{\circ}\text{C}$ опція).

Для вимірювання температури води за котлом до встановлення застосовуються термоперетворювачі опору ТСМ-1088, які призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ в різних галузях промисловості.

Технічні характеристики термоперетворювачів опору ТСМ-1088 [49]:

- робочий діапазон температур, які вимірюються термопарою –
- $50\dots+150^{\circ}\text{C}$;
- умовне позначення НСХ перетворення (ДСТУ ГОСТ 6651) – 50М,
100М;
- клас допуску (ДСТУ ГОСТ 6651) – А, В, С;
- кількість чутливих елементів – 1;
- показник теплової інерції – не більше 20 с;
- умовний тиск вимірюваного середовища – P_y , 10МПа, 0,4...6,3
МПа;
- матеріал захисної арматури сталь 08Х13 ,
- матеріал головки термоперетворювача поліпропілен.

Головка термоперетворювача водозахищеного виконання.

4.2.5 Технологічний контроль. Автоматичний захист і сигналізація

Технологічному контролю підлягають наступні фізичні величини:

- температура води на вході в котел після запірної арматури;
- температура води на виході з котла до запірної арматури;
- температура відхідних газів;
- тиск води після запірної арматури на вході і на виході з котла до запірної арматури;
- тиск повітря після дуттєвого вентилятора;

- тиск газоподібного палива перд пальниками;
- розрідження в топці;
- розрідження перед димососом;
- витрата води через котел;
- витрата газоподібного палива;
- вміст кисню у відхідних газах;
- температура прямої мережної води;
- температура зворотної мережної води;
- температура води для підживлення;
- тиск в трубопроводах прямої та зворотної мережної води;
- тиск води для підживлення.

Технологічний захист водогрійного котла передбачений в таких випадках:

- підвищення або зниження тиску палива;
- зниження тиску повітря перед пальниками;
- зменшення розрідження в топці;
- погасання факелу;
- підвищення температури води на виході з котла;
- зникнення напруги від електричної мережі.

Автоматика безпеки котла передбачає припинення подачі палива до пальників в наступних випадках:

- зниження тиску палива;
- зниження розрідження в топці котла;
- зменшення витрати прямої води;
- збільшення температури прямої мережної води;
- зниження тиску прямої мережної води.

Технологічна сигналізація призначена для повідомлення персоналу про недопустимі відхилення режиму роботи чи несправності основного та допоміжного обладнання, апаратури, пристроїв. В котельні передбачені наступні види технологічної сигналізації:

1. Сигналізація відхилення за допустимі межі величин, які визначають надійність та безпечність роботи обладнання. До таких величин належать, наприклад, температура прямої та зворотної мережної води.

2. Сигналізація аварійного відхилення основних величин, що контролюються, яка потребує негайної зупинки відповідного обладнання (наприклад, погасання факела в пальниках).

3. Сигналізація спрацювання захисту, яка фіксує дію захисту на обладнання та причину цієї дії.

4. Сигналізація порушення в електроживленні обладнання та апаратури (наприклад, вимкнення робочих та вмикання резервних джерел живлення, втрата напруги в електричних схемах тощо).

В кожному з перерахованих випадків подається звуковий сигнал, який привертає увагу оператора, та вмикається світловий сигнал, який повідомляє про причину виходу з ладу обладнання.

4.3 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 в місті Чернівці. 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 [50, 51].

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.

4.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.3.1.1 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 (з0231-05).

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 перекрить 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 входних 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 паропродуктивністю 2 тони/год і вище і водогрійних теплопродуктивністю 2,26 Мвт (2 Гкал/ч) 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.

Котельна 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.

4.3.1.2 Електробезпека

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок [53, 54].

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5 см. 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 ізольованих 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 ру-ків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - 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 вивішується плакат "Працювати тут".

4.3.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [55].

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 табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	ІІб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °C	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 [56]. 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 граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 .

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 [55] наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
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 [56]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках 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.

4.3.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [57], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або Еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{\text{прир}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						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 освітлення, 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.

4.3.2.4 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 [58] та наведені в табл. 4.15.

Таблиця 4.15 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньогометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

4.3.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці) [59]. Норми вібрації наведені в табл. 4.16.

Таблиця 4.16 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньогометричними частотами,									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

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.

4.3.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [50]. 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, ккал/(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 – одностійна (без нічної зміни).

4.3.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Режими радіаційного захисту населення і виробничої діяльності об'єкта

Режим радіаційного захисту - це порядок застосування засобів і способів захисту людей, який передбачає максимальне зменшення можливих доз опромінення і вибір найбільш доцільних дій у зонах радіоактивного забруднення.

Режим захисту працюючих на об'єкті й населення, яке знаходиться в зоні радіоактивного забруднення, включає три основні етапи, що повинні виконуватися в суворій послідовності:

- ♦ перший - тривалість призупинення роботи об'єкта час безперервного перебування людей у захисних спорудах);
- ♦ другий - тривалість роботи об'єкта з використанням для відпочинку захисних споруд або житлових будинків;
- ♦ третій - тривалість роботи об'єкта з обмеженим перебуванням людей на відкритій місцевості.

Визначаючи режим захисту, потрібно враховувати рівень радіації на місцевості, умови роботи і коефіцієнт ослаблення ($K_{\text{осл.}}$) випромінювання укриттів, виробничих споруд і житлових будинків. У зв'язку з тим, що на об'єкті й

у місцях проживання є укриття з різними коефіцієнтами ослаблення, розроблені типові режими захисту з урахуванням захисних властивостей протирадіаційних укриттів, житлових будинків, виробничих об'єктів, а також з урахуванням зони радіоактивного забруднення місцевості.

Типові режими радіаційного захисту:

На випадок ядерного вибуху відпрацьовано 8 типових режимів радіаційного захисту.

Тривалість кожного етапу визначається з урахуванням захищеності людей, рівнями радіації (РР) на місцевості та їх спаду впродовж часу.

Користуючись режимами, необхідно вважати, що робоче місце повинно бути розташовано в закритому приміщенні. Якщо люди працюють на відкритій місцевості, то передбачена позмінна робота особового складу формувань ЦЗ в умовах радіаційного зараження.

Якщо на території населеного пункту або об'єкта різні рівні радіації, то режим вибирається за найбільшим рівнем.

При рівні радіації, коли захист не може бути забезпечений введенням режиму, проводиться евакуація. Рішення на евакуацію приймає старший начальник.

Таким чином, завчасне розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників та службовців об'єктів, а також населення зменшить або повністю виключить ураження людей.

Рішення на введення режимів радіаційного захисту приймають:

- для населення – керівник ЦЗ міста, району, сільської (селищної) Ради;
- для робітників та службовців – керівник ЦЗ об'єкта.

Згідно з законом визначені заходи щодо захисту людей, з тимчасової евакуації та йодної профілактики населення у випадку ускладнення радіаційної обстановки на АЕС, а також передбачені тимчасові норми (режими захисту).

Таким чином, завчасне розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників та службовців об'єктів, а також населення зменшить або повністю виключить ураження людей.

4.4 Висновки до розділу 4

В даному розділі охарактеризовано об'єкт монтажу. Виконано комплектування системи очищення димових газів з використанням циклонів-утилізаторів з теплообмінником $6,375 \text{ м}^2$, $D = 1500 \text{ мм}$ після котла КВГ-6,5, виконано комплектування основних та допоміжних матеріалів і виробів для монтажу, складені відомості, визначена трудомісткість робіт з монтажу системи. Маса основних та допоміжних матеріалів і виробів складає відповідно $M_o = 10356,26 \text{ кг}$ і $M_d = 472,65 \text{ кг}$. Для виконання монтажних робіт підібрано такі машини і механізми : для транспортування матеріалів – автомашина Renault Midlum 190.12 DXI, для зварювання – зварювальний напівавтомат Edon MIG 315, для шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів – кутова шліфмашина Mächtz MAG-18/1970 VS, для монтажу газоходів – ножичний підйомник GS 1932, для випробування газоходів на міцність та щільність – компресор пересувний повітряний Dnipro-M AC-50VG, для гідравлічних випробувань водопроводів – опресувальний насос Badestnost PRB25M, для підйому обладнання та газоходів – лебідку з електроприводом ЛМЧ–1 та автокран КС-45729А-С-02, для переміщення вантажу – візок гідравлічний ручний Staxx PWH25-II.

На підставі визначених трудомісткостей і тривалостей робіт розроблено календарний графік монтажу системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначені техніко-економічні показники графіку руху робітників, а саме, загальна трудомісткість виконання робіт складає 101,75 люд.-днів, а тривалість монтажу системи складає 21,3 доби.

В підрозділі 4.2 пояснено технологічні процеси, які відбуваються у водогрійному котлі KB-ГМ-6,5, розроблено функціональну схему автоматизації водогрійного котла. Визначено склад необхідного обладнання автоматизації, підібрано сучасні апаратурно-технічні засоби: ПЛК Siemens S7-300; перетворювачі частоти Danfoss VLT AQUA Drive FC-202, датчики тиску Метран 150CG, перетворювач тиску WIKA A-10, термоперетворювачі опору TCM-1088.

В підрозділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях було проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації котельні. Визначені і проаналізовані фактори, що є небезпечними та шкідливими для життя людини при виконанні монтажних робіт, експлуатації водогрійних котлів, а саме: підвищений рівень шуму, вібрації, несприятливі параметри мікроклімату; ураження електричним струмом; недостатня освітленість на робочому місці тощо. Проаналізовані режими радіаційного захисту населення і виробничої діяльності котельні.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для розрахунку кошторсиної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “АВК”.

5.1 Локальний кошторис

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, на влаштування санітарно-технічних робіт, об’єктний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК (додаток В) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН); на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

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 загально-виробничих 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.

5.2 Простий термін окупності

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

Таблиця 5.1 – Перелік інноваційних витрат [60]

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	9,16
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	1,83
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	13,74
Проектування	2,5	4	22,90
Експертиза інноваційного рішення	1	1	9,16
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	18,32
Виготовлення нового виробу	100	6	916,17
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	27,49
Витрати на підготовку кадрів	5	2	45,81
Всього		21	1064,59

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

Показники	Рік						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-75,13	-1120,46	1741,93	1480,87	1317,52	1223,99	1183,20
Сальдо реальних грошей	-75,13	-651,443	1741,93	1438,64	1275,29	1185,88	1149,21
Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-75,13	-726,568	1015,36	2454,00	3729,29	4915,17	6064,38
Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Чиста поточна вартість	-87,15	-1120,46	1501,66	1100,53	844,08	676,00	563,34
Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-87,15	-1207,61	294,06	1394,58	2238,66	2914,66	3478,00

З таблиці 5.2 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на третьому році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чисті грошові надходження [60]

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

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.

$$NV = 5751,92 \text{ тис. грн.}$$

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 η_t – коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 3478 \text{ тис. грн.}$$

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 отримають 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 [60]

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

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності [60]

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

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн.,

$СIF_t$ – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-75,12	-1120,46	1741,93	1480,87	1317,52	1223,99	1183,20
Кумулятивна	-75,12	-1195,59	546,34	2027,21	3344,73	4568,72	5751,92

Як видно з таблиці 5.3 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 0 та 1 роком (перехід від від’ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T=0+546,34/1741,93=0,3 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

Склали кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об’єктний коштрис. В кошторисах пораховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 916.169$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 125.593 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 1.63657$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 705,992 тис. грн.

Розраховували основні показники ефективності інвестицій в проект:

- чисті грошові надходження – 5751,92 тис. грн.;
- чиста поточна вартість –3478 тис. грн.;
- термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 0,3 роки.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі виконано аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як палива для водогрійних котлів. Проведено аналіз роботи теплових схем водогрійних котелень на традиційному паливі та біомасі, окреслені їх переваги та недоліки, розглянуто екологічні та економічні аспекти. За результатами огляду та аналізу літератури сформульовані мета і задачі досліджень.

Проведено розрахунок показників роботи існуючої теплової схеми котельні, що працює на систему опалення з піковою потужністю 16,166 МВт у м. Чернівці. Робоче паливо на котельні – природний газ. В максимальному опалювальному режимі витрата природного газу складає 0,5485 м³/с, у середньоопалювальному режимі – 0,267 м³/с, а загальна за опалювальний сезон – 4,222 млн. м³. Коефіцієнт корисної дії котельні у максимальному режимі склав 0,869, а у середньоопалювальному – 0,823. Котельня відпускає на потреби опалення протягом опалювального періоду 119996,8 ГДж теплоти з собівартістю 501,29 грн./ГДж.

Розроблено математичну модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні на основі матеріальних та теплових балансових рівнянь. З розробленої моделі виконано дослідження впливу зміни температури навколишнього середовища на показники теплової схеми котельні для трьох варіантів модернізації шляхом переведення водогрійних котлів на спалювання тріски деревини. Виявлено, що потужність котельні змінюється від 4,99 МВт до 16,87 МВт. При цьому температурний графік знижується від 105/70 до 46,1/36,9°C. Проведено розрахунок техніко-економічних показників варіантів модернізації котельні. Найменший термін окупності капіталовкладень (2,83 роки) у обраного до реалізації варіанту, а саме переведення одного котла на тверде паливо і його робота на повному навантаженні протягом опалювального періоду. У обраному варіанті собівартість виробництва теплоти на 5,9 % зменшується, а скорочення споживання природного газу складе 54,6% у порівнянні з існуючою котельнею.

Використовуючи концепцію оцінки життєвого циклу у програмному

продукті SimaPro 9.6.0.1 оцінено вплив техногенного навантаження опалювальної котельні на навколишнє середовище. Аналіз екологічних показників для трьох варіантів модернізації і існуючої котельні показав, що найменший вплив на якість екосистеми має існуюча котельня, на вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант 3, а найбільший загальний вплив – існуюча котельня. У обраному для реалізації варіанті 1 загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище зменшується на 33,7% у порівнянні із роботою котельні на викопному паливі.

У організаційно-технологічній частині надано характеристику об'єкту монтажу, а саме системи очищення димових газів після котла КВГ-6,5 на твердому паливі. Обрано основне, допоміжне обладнання, матеріали та вироби необхідні для монтажу вказаної системи. Визначена загальна маса обладнання, основних матеріалів і виробів для монтажу 6860,47 кг, а допоміжних – 262,4 кг. Загальна витрата електроенергії на засоби механізації склала 1074,334 кВт год. Розроблено календарний план монтажу системи очищення димових газів, графік руху робітників, графік роботи машин та механізмів. Трудомісткість монтажних робіт загалом склала 101,75 люд.-дні. За календарним планом монтажні роботи тривають 21,3 доби.

Пояснено технологічні процеси, які відбуваються у водогрійному котлі КВГ-6,5, розроблено функціональну схему автоматизації водогрійного котла. Визначено склад необхідного обладнання автоматизації, підбрано апаратурно-технічні засоби: ПЛК Siemens S7-300; перетворювачі частоти Danfoss VLT AQUA Drive FC-202, датчики тиску Метран 150CG, перетворювач тиску WIKA A-10, термоперетворювачі опору TCM-1088.

В підрозділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях було проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації котельні. Визначені і проаналізовані фактори, що є небезпечними та шкідливими для життя людини при виконанні монтажних робіт, експлуатації водогрійних котлів, а саме: підвищений рівень шуму, вібрації, несприятливі параметри мікроклімату; ураження електричним струмом; недостатня освітленість

на робочому місці тощо. Проаналізовані режими радіаційного захисту населення і виробничої діяльності котельні.

В розділі економічна частина складено локальний кошторис, в якому визначено: кошторисна вартість $K_v = 916,169$ тис. грн., кошторисна заробітна плата $ЗП = 125,593$ тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,63657$ тис. люд.– год., вартість матеріалів – 705,992 тис. грн. Визначені основні показники ефективності інвестицій в проект впровадження альтернативних джерел енергії: чисті грошові надходження – 5751,92 тис. грн.; чиста поточна вартість – 3478 тис. грн..

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гелетука Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник. Київ, 2015. 71с.
2. Степанова Н.Д., Лавус В.Р., Степанов О.Д. Ефективність заміщення природного газу біомасою на опалювальній котельні. *Матеріали ЛІІ Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ*, 21 – 23 червня 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17722> (дата звернення 01.06.2024 р.).
3. ДБН В.2.5 –77:2014. Котельні. [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 66 с.
4. Степанов Д. В., Корженко Є. С., Боднар Л. А. Котельні установки промислових підприємств. Вінниця: ВНТУ, 2011. 321 с.
5. Степанов Д. В., Боднар Л. А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 148 с.
6. Сенчук М. П. Корогод А. І. Експлуатаційна ефективність роботи твердопаливних теплогенераторів невеликої теплопродуктивності. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2018. Вип. 26. С. 13 – 22.
7. Ялечко В. І., Матіко Ф. Д., Гнатишин Я. М. Котельня на основі удосконаленої паливні підвищеної ефективності. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, №6. С. 131 – 134.
8. Снежкін Ю. Ф., Корінчук Д. М. Теплотехнічні характеристики твердих біопалив з торфу і біомаси як енергетичного ресурсу малої енергетики. Промышленная теплотехника. 2012. Т. 34, № 6. С. 70-77.
9. Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Матвеев Ю. Б., Жовмір М. М. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні. Промислова теплотехніка. 2006. Т. 28, № 2. С. 85 – 93.

10. Піменов К. Ю., Топоров А. А. Використання рослинної сировини та деревини у роботі газогенератора. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки». 2021. №8. С. 169 – 175.
11. Ключ С. В. Энергоефективное перетворення біомасив горючий газ і біовугілля в газогенераторах щільного шару палива: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.08. Київ, 2016. 167 с.
12. Дзядикевич Ю. В., Розум Р. І., Буряк М. В. Особливості процесу спалювання деревної біомаси та шляхи його покращення. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2010. №10 (80). С. 41 – 45.
13. Джиоев Р. Л. Технології спалювання деревних відходів у котлах малої потужності. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2021. Вип. 198. С. 82 – 93.
14. Півненко Ю. О. Підвищення ефективності спалювання деревних відходів у топках киплячого шару опалювальних котельних: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03. Харків, 2018. 164 с.
15. Гелетуха Г., Матвєєв Ю., Олійник Є. Куций Д. Практичний посібник з використання біомаси як палива в муніципальному секторі України (для представників державних установ та громадських організацій, що працюють у сфері екології). URL : <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/ecofin.pdf> (дата звернення 01.06.2024 р.).
16. Левицька О. Г., Січевий О. В. Порівняльний аналіз викидів шкідливих речовин при застосуванні альтернативних природному газу біопалив. Вісник ЛДУБЖД. 2019. №20. С. 90 – 95.
17. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
18. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / під ред. Боженко М. Ф. Київ : Вища школа, 1992. 280 с.
19. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 127с.

20. ДСТУ-Н Б В.1.1-27.2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. 123 с. (Національний стандарт України).
21. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
22. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
23. Радченко С. Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища школа, 2001. 315 с.
24. Димососи ДН. . URL: <https://systemax.ua/ua/ventilyatory/dimososi/dn/> (дата звернення 01.06.2024 р.).
25. Grundfos. Насоси. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/categories/pumps?tab=categories> (дата звернення 01.06.2024 р.).
26. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення 01.06.2024 р.).
27. Димові труби для промисловості. URL: <https://versia-lux.com/ua/products/dymovye-truby-dlja-promyshlennosti> . (дата звернення 01.06.2024 р.).
28. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-montazh-ustatkuvannya/> (дата звернення 01.06.2024 р.).
29. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti->

[budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-remontno-budivelni-roboty/zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-%E2%84%96-15/](https://budivnyctva.koshtorysni-normy-ukrayiny-na-remontno-budivelni-roboty/zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-%E2%84%96-15/) (дата звернення 01.06.2024 р.).

30. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Компресорні установки, насоси і вентилятори. (Збірник 17). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/knu-reknuu.-kompresorni-ustanovky-nasosy-i-ventylyatory-zbirnyk-7.pdf> (дата звернення 01.06.2024 р.).

31. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування повітря. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-ventylyacziya-ta-kondycziyuvannya-povitrya.-zbirnyk-20.pdf>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

32. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Металеві конструкції (Збірник 9). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-metalevi-konstrukcziyi.-zbirnyk-9.pdf> (дата звернення 01.06.2024 р.).

33. Renault Midlum 190.12 DXI. URL: <https://www.mobile.de/ru/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BA-%D1%81%D0%B2%D1%8B%D1%88%D0%B5-7,5-%D1%82/Renault-Midlum-190.12-DXI-Carrier-550-Klima/vhc:truckover7500,pgn:2,pgs:50,srt:price,sro:asc,mke:20700,frn:2005/pg:viptruckover7500/333090380.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).

34. Зварювальний напівавтомат Edon MIG 315. URL: <https://svarmax.com.ua/ua/svarochnyj-poluavtomat-edon-mig-315>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

35. Болгарка Mächtz MAG-18/1970 VS. URL: <https://machtz.com.ua/ua/products/bolgarka-mchzt-mag-181970-vs>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

36. Насос односторонній Badestnost PRB25M. URL: https://hydro-maximum.com.ua/ua/p547597631-nasos-odnostoronnij-badestnost.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tAtvgYUYRX1NTwcGjWEw6n9oPnSTmDRaoaYSrnzvWXlIt4gFxRC5rBoCiJAQAvD_BwE. (дата звернення 01.06.2024 р.).

37. Монтажна електрична лебідка ЛМЧ. URL: <https://ukrpromgroup.com.ua/ua/p340277851-lebedka-montazhnaya-elektricheskaya.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).

38. Візок гідравлічний палетний Staxx PWH25-II. URL: <https://kozakplus.ua/products/transport-store-equipment/hand-pallet-truck/pwh25-ii>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

39. Компресор повітряний Dnipro-M AC-50 VG. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/kompressor-ac-50-vg/?tab=characteristics> (дата звернення 01.06.2024 р.).

40. Ножичні підйомники. URL: https://tedarent.com.ua/nozhichni-pidjomniki/?gclid=Cj0KCQiAiJSeBhCCARIsAHnAzT-BYvlK9hh6uwfwgwXBc0kFsc9KK8maGIykKmecOi-TvLSpd-kcZ7IaAnwdEALw_wcB (дата звернення 01.06.2024 р.).

41. Автокран КС-45729А-С-02. URL: <https://alfateks.com.ua/katalog-texniki/maz-uk/avtokran-ks-45729a-c-02/>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

42. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

43. Водогрійні котли серії КВ-ГМ і ПТВМ. Технічні характеристики. URL: https://energetik.ua/catalog/vodogriyni_kotly/kotli-vodogriyni-serii-ptvm/ (дата звернення 01.06.2024 р.).

44. Програмований контролер SIEMENS SIMATIC S7-300. URL: <https://eleksun.com.ua/uk/blog/article/programnyy-kontroler-simatic-s7-300-siemens> (дата звернення 01.06.2024 р.).
45. Перетворювач частоти Danfoss VLT AQUA Drive FC-202. Технічні характеристики. URL: <https://privod.kiev.ua/ua/preobrazovatel-chastoty-11-kvt-danfoss-vlt-aqua-drive-fc-202-131f6637> (дата звернення 01.06.2024 р.).
46. Газоаналізатор OKCI-5C. Технічні характеристики. URL: <https://ukrpromcentr.com.ua/ua/p260581055-gazoanalizator-oksi.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).
47. Метран-150CG – інтелектуальний, цифровий датчик. URL: <https://vodomir.in.ua/ua/p1451532029-metran-150-intelektualnij.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).
48. Перетворювач тиску WIKA A-10, 0...16 бар, G1/4A, 4..20 мА, 2-L, 0...+80С. URL: <https://etalviv.prom.ua/ua/p817384607-peretvoryuvach-tisku-wika.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).
49. Термоперетворювач опору TCM-1088. Технічні характеристики. URL: <https://profmaster.com.ua/ua/p391942794-tsm-1088-termopreobrazovatel.html> (дата звернення 01.06.2024 р.).
50. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
51. 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 01.06.2024 р.).
52. 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 01.06.2024 р.).

53. 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.

54. 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 01.06.2024 р.).

55. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення 01.06.2024 р.).

56. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

57. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення 01.06.2024 р.).

58. 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 01.06.2024 р.).

59. 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 01.06.2024 р.).

60. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.

Додаток А
(обов'язковий)
Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні у місті Чернівці

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 80,6 Схожість 19,4

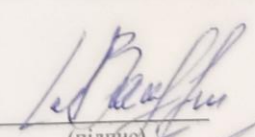
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

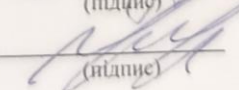
Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

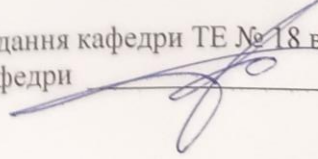
Автор роботи

 Лавус В.Р.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи

 Степанова Н.Д.
(підпис) (прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та Економічний розділ.

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.
Зав. кафедри  Д.В. Степанов

Додаток Б
(обов'язковий)
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

УЗГОДЖЕНО

МКМ „Зернівці Тепло-
Комуненергетика“
Керівник або заступник
Чернівецький національний технічний університет
Тепло-Комуненергетика
34619280
Підпис

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ
доц. Д. В. Степанов
підпис
“ 15 ” 03 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**«ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ
В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ У МІСТІ ЧЕРНІВЦІ»**

08-15.МКР.003.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

К.т.н., доц. кафедри ТЕ,

Н.Д.Степанова

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-22мз

В. Р. Лавус

Вінниця 2024

1. Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу ректора ВНТУ від 11.03.2024 року № 81.

Дата початку роботи – 12.03.2024 р.

Дата закінчення роботи – 04.06.2024 р.

2. Мета і призначення НДР

Мета роботи – скорочення споживання викопних енергоресурсів, зниження експлуатаційних витрат на виробництво теплової енергії та підвищення екологічної ефективності системи теплозабезпечення шляхом впровадження технології спалювання біомаси і традиційного палива на водогрійній котельні.

Об'єкт дослідження – теплообмінні і гідродинамічні процеси у тепловій схемі водогрійної котельні для тепlopостачання міста Чернівці.

Основний предмет – ефективність використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні.

Узагальнений науковий результат – Набули подальшого розвитку дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії разом із традиційними в теплових схемах опалювальних котелень. Доведено ефективність часткового заміщення біомасою викопних палив на водогрійних котельнях. Показано, що переведення одного із трьох водогрійних котлів на спалювання біомаси, його постійна робота із сталим номінальним навантаженням і регулювання потужності двома котлами на природному газі дозволить знизити собівартість виробництва теплоти на 5,9% і загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище на 33,7% у порівнянні із роботою котельні на викопному паливі.

3. Вихідні дані для проведення НДР

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

1. Гелетуха Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.

2. Степанова Н.Д., Лавус В.Р., Степанов О.Д. Ефективність заміщення природного газу біомасою на опалювальній котельні. *Матеріали LII Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ*, 21 – 23 червня 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17722> (дата звернення 01.12.2023)

3. ДБН В.2.5 –77:2014. Котельні. [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 66 с.

4. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 135 с.

5. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем та основи проектування джерел тепlopостачання : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 139 с.

6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2011. 123 с. (Інформація та документація).

4. Виконавці НДР

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

5. Вимоги до виконання НДР

Водогрійна котельня з альтернативними видами палива повинна розглядатися як велика ієрархічна багаторівнева система, що супроводжується протягом життєвого циклу техногенними ризиками.

Слід врахувати при плануванні досліджень стан розробки водогрійної водогрійної котельні у м. Чернівці.

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати математичного моделювання та концепцію оцінки життєвого циклу у програмному продукті SimaPro 9.6.0.1.

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

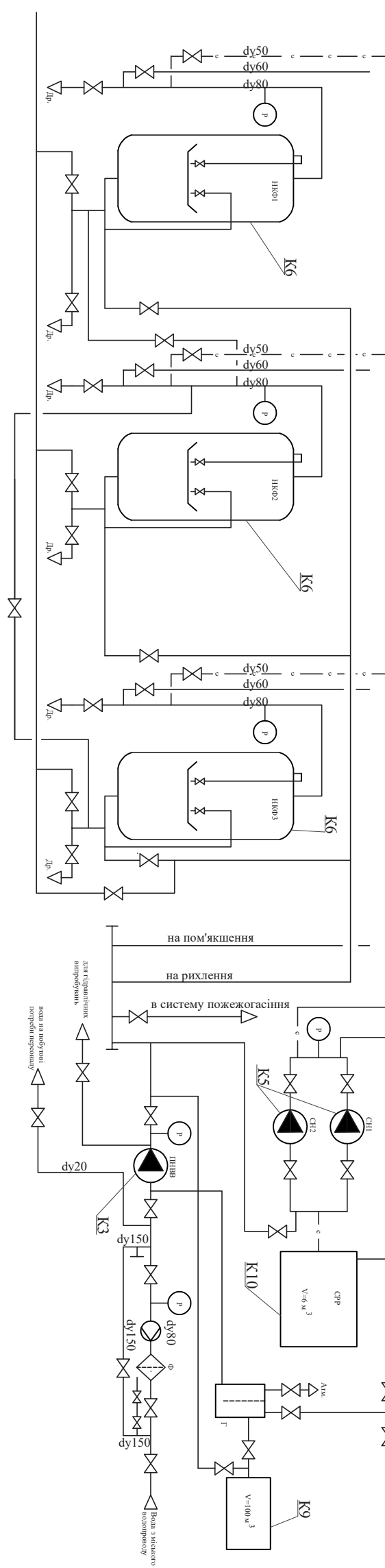
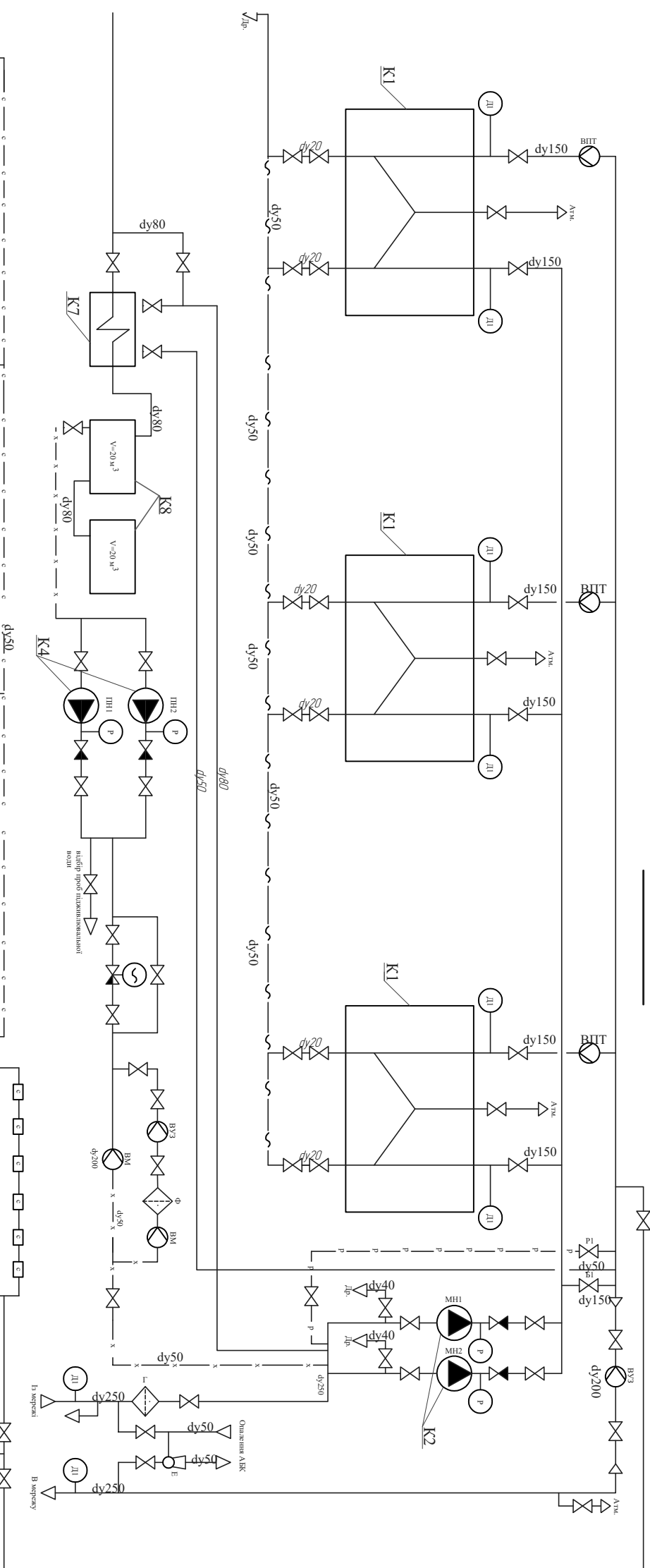
Вимоги нормативних матеріалів ГОСТ, ДСТУ, ДБН, СанПіН, СН до обладнання систем виробництва енергоносіїв повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень та експериментальних випробувань.

Додаток В
(обов'язковий)
Локальний кошторис

Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ
СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ У МІСТІ ЧЕРНІВЦІ**

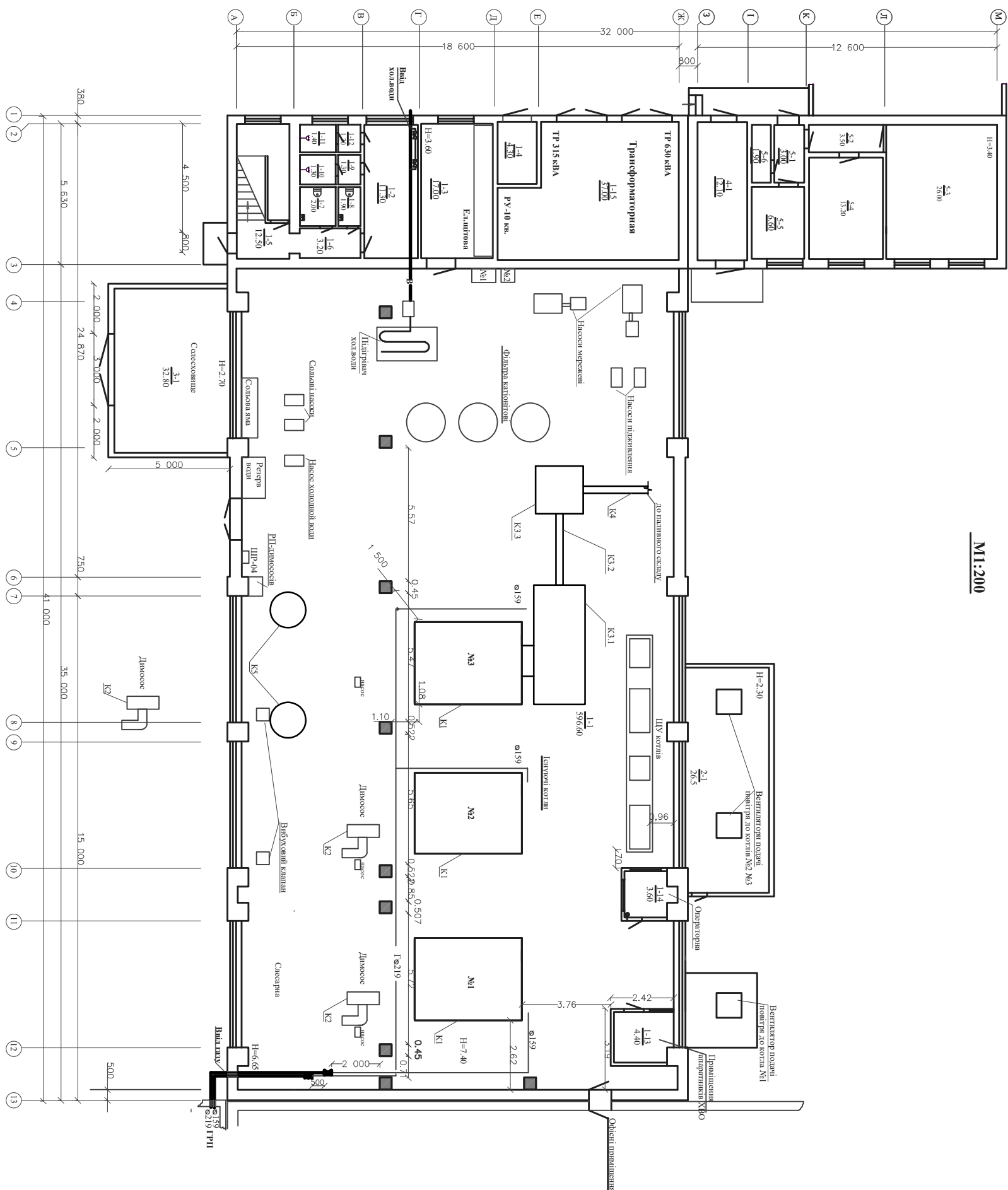


ЕКСПЛИКАЦІЯ ОБ'ЯВЛЕННЯ

Поз. познач.	Найменування	Кільк.	Примітка
K1	Котел водогрійний кВт – 6,5	3	
K2	Мережний насос Д 400–105	2	
K3	Підвищувальний насос вихідної води КМ 80-50-200	1	
K4	Насос підживлення К 20-30	2	
K5	Насос сольовий КМ 100-80-160	2	
K6	ВПУ натрію катіонітмовий фільтр	3	
K7	Підігрівник вода-водяний ВВП 12-219-4000 (3 секції)	1	
K8	Бак запасу підживлюючої води, V = 20 м ³	2	
K9	Бак запасу сурої води, V = 100 м ³	1	
K10	Солерозчинний резервуар, V = 6 м ³	1	

[illegible]

			Погоджено			
Інв. № орг.	Підпис і дата	На зам. інв. №				

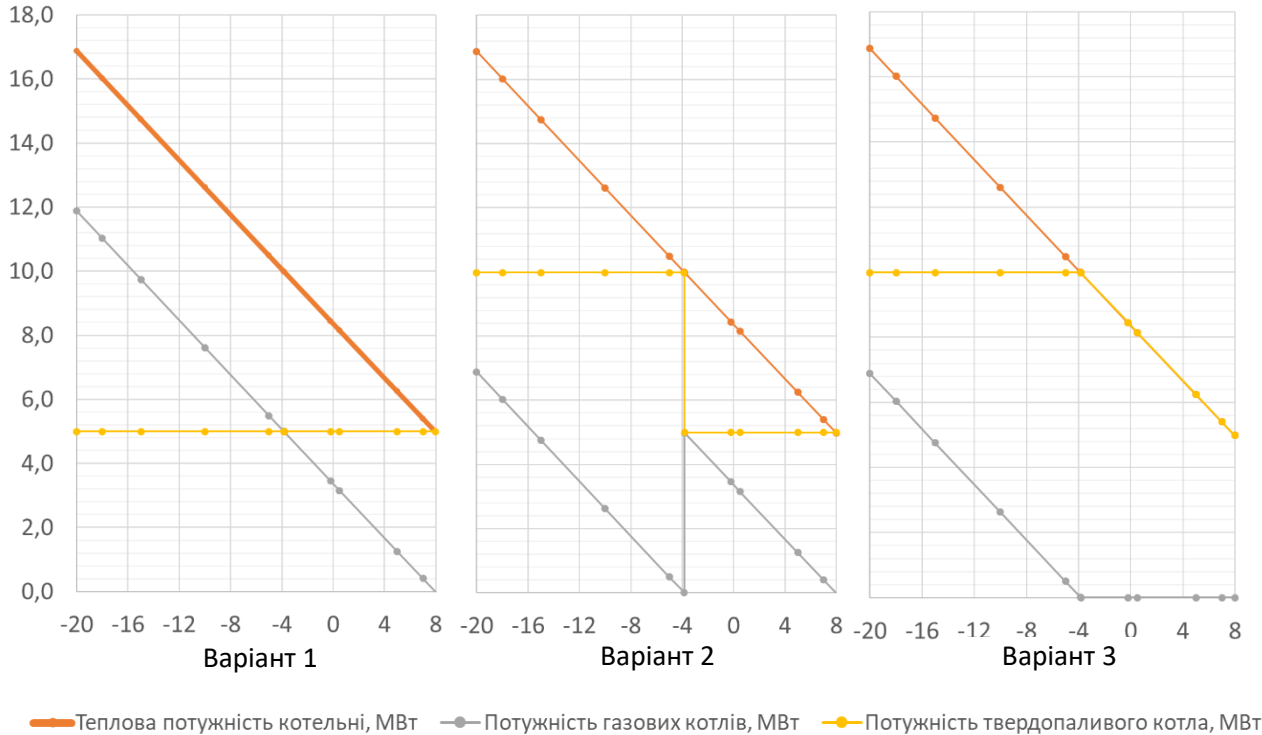


Поз. познач.	Найменування	Кільк.	Примітка
К1	Комел водозрічний КВГ – 6,5	3	
К2	Димосос ДН-11,2	3	
К3	Система паливобудачі вмістяз ВЮРАЛНІК потужністю 5 МВт	1	
К4	Шнековий транспортер в жолобі D-220мм	1	
К5	Циклон-умилізатор МЦ-У-1500	2	

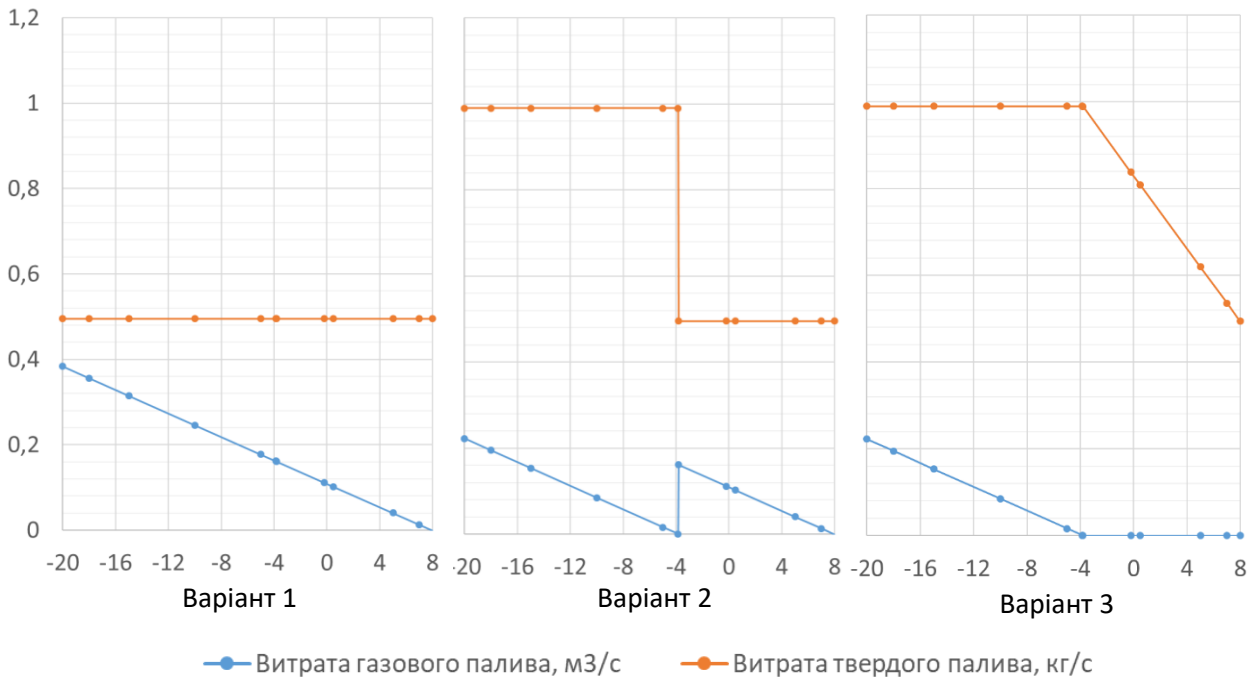
									08-15.МКР.003.02.00.000 АР
Зм.	Кил уч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата				М. Чернівці
Разробийд	Лобує В.Р.					Використання альтернативних джерел енергії в теплової схемі водогрійної котельні у місті Чернівці			
Передбийд	Степанюка Н.Д.					Стадія	Аркуш	Аркушів	
Т. конпр.									
Опомент	Андрухов В.М.								
Н. конпр.	Степанюка Н.Д.					План котельні на відм. 0.0000			
Запвердийд	Степанюк Д.В.					ВНТУ, зр. ТЕ-22мз			

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ

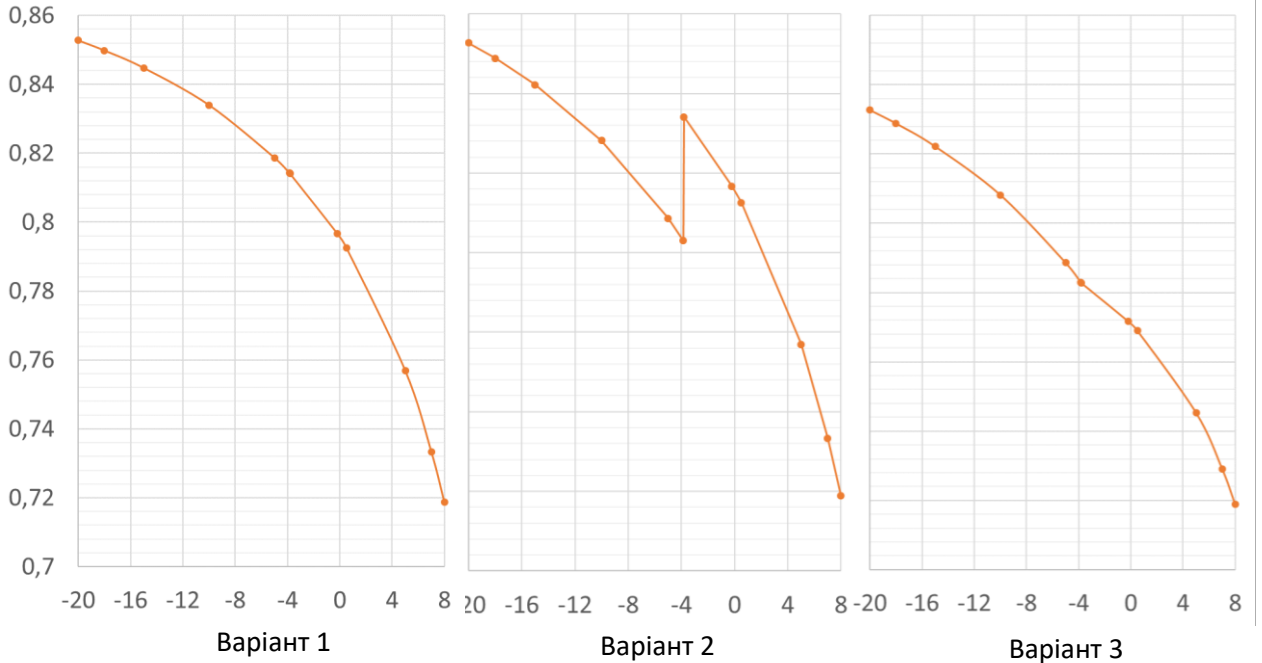
Теплова потужність, МВт



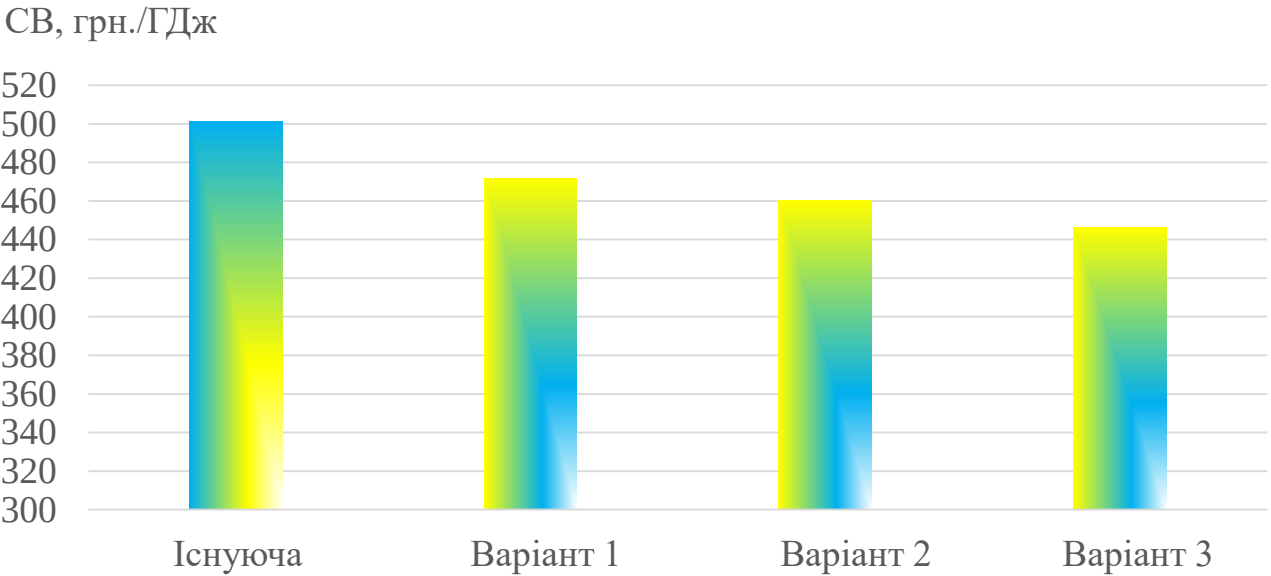
Витрати газового та твердого палива



ККД котельні по відпуску теплоти

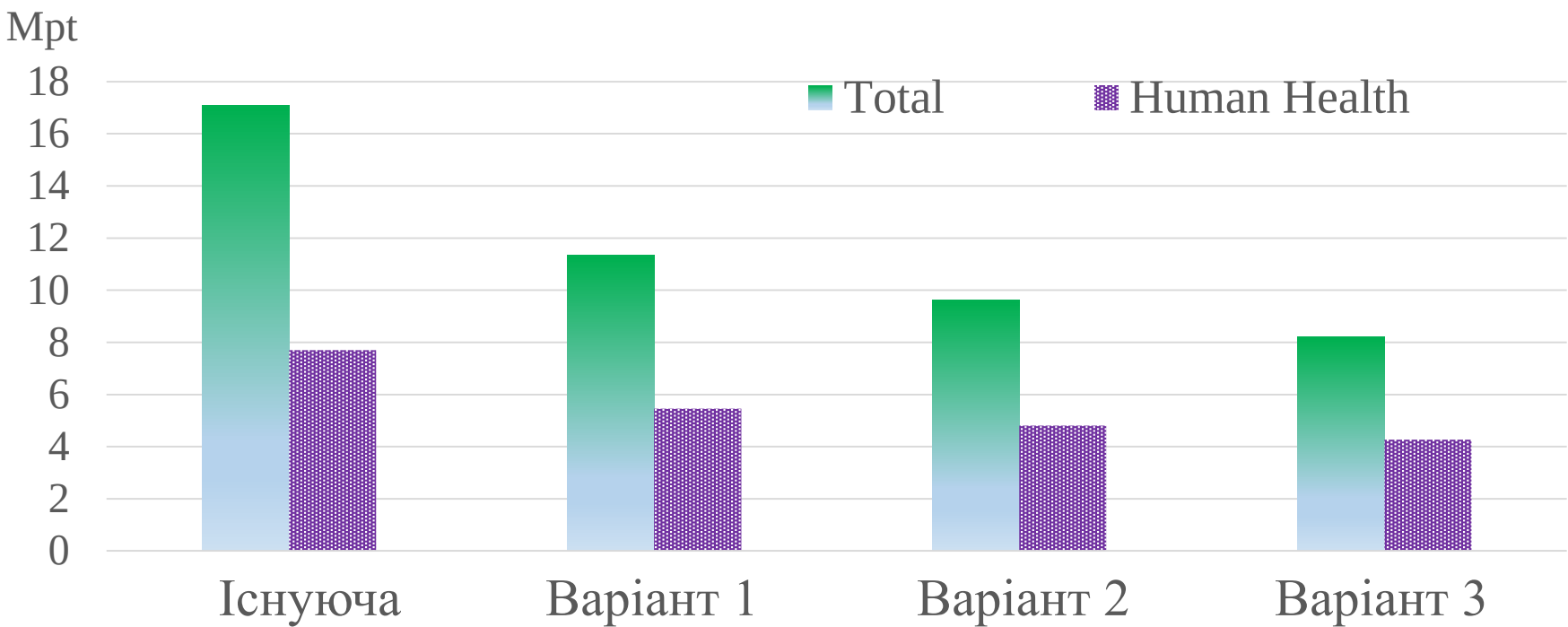


Собівартість виробництва теплоти

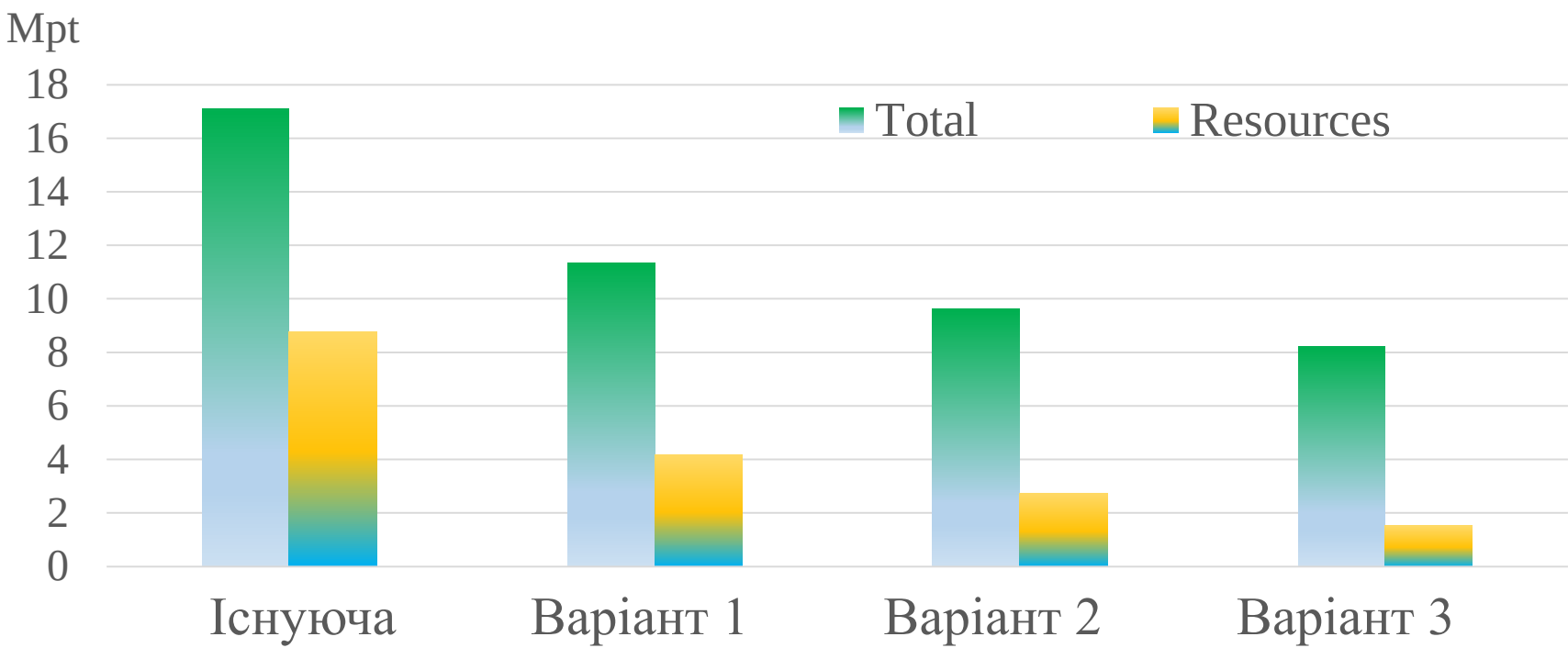


**ПОКАЗНИКИ ВПЛИВУ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРЕГІ НА НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

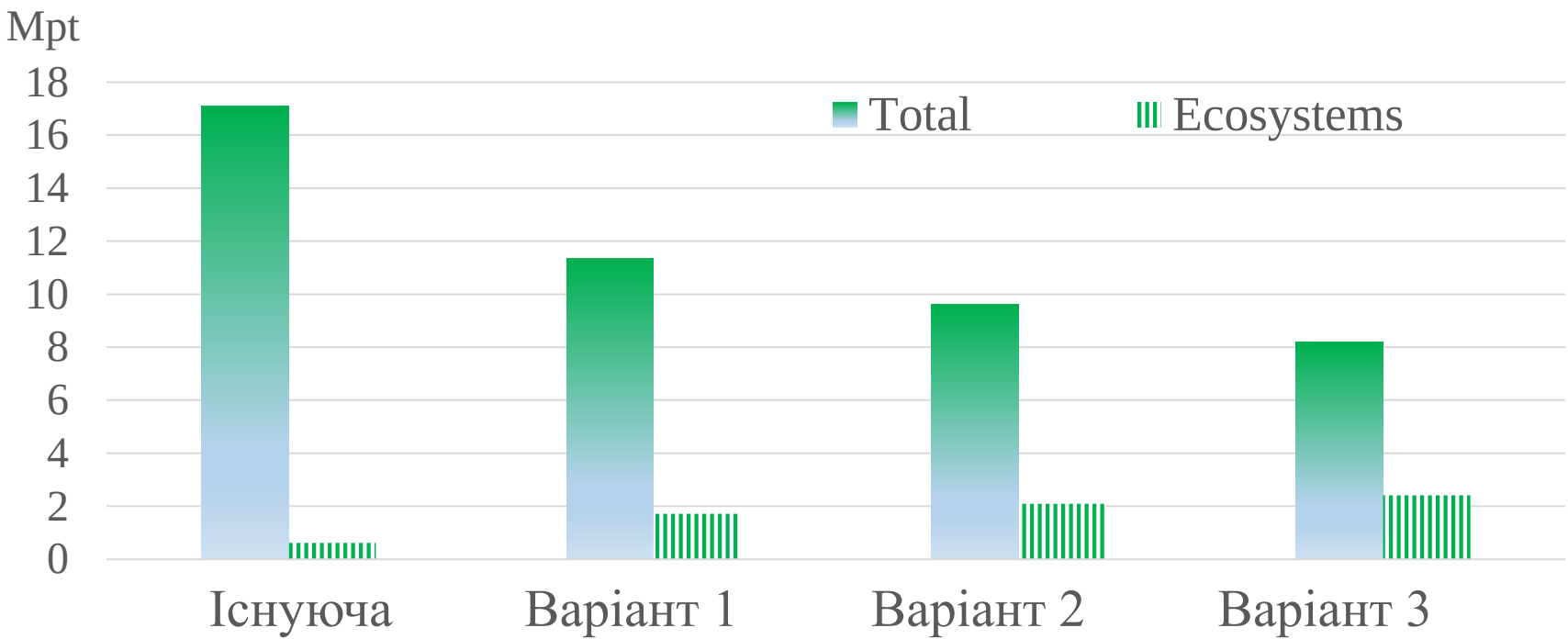
Вплив на здоров'я людей (Human Health) та загальний вплив (Total)



Вплив на вичерпання ресурсів (Resources) та загальний вплив (Total)

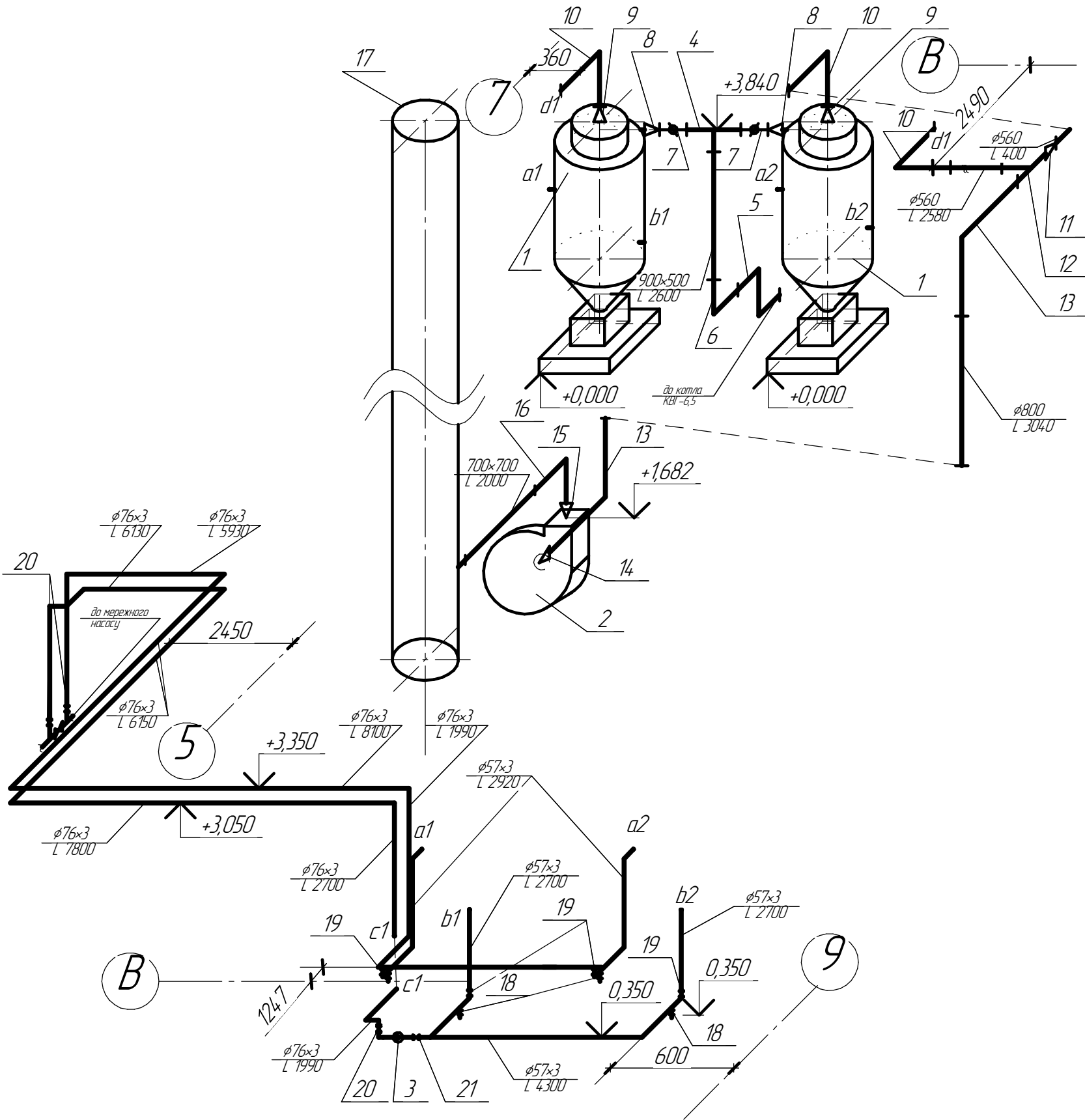


Вплив на навколишнє середовище (Ecosystems) та загальний вплив (Total)



ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Познач.	Найменування	Кількість	Примітки
1	Циклон-утилізатор, Q=50 кВт, D = 1500 мм	2	
2	Димосос ДН-11,2	1	
3	Насос рециркуляції Grundfos MAGNA3 50-180 F	1	
4	Трійник 87°, 900×500	1	
5	Перехід зі зміщенням 900×500 мм, Н= 950 мм, L = 1,2 м	1	
6	Коліно 90°, 900×500 мм	1	
7	Дросель-кран ДКП 900×500	2	
8	Перехід 900×500 / 350×1100 мм	2	
9	Перехід $\phi 560$ / $\phi 930$ мм	2	
10	Коліно 90°, $\phi 560$ мм	3	
11	Перехід $\phi 560$ / $\phi 800$ мм	1	
12	Трійник 87°, $\phi 800$ / $\phi 560$ мм	1	
13	Коліно 90°, $\phi 800$ мм	2	
14	Перехід $\phi 660$ / $\phi 800$ мм	1	
15	Перехід 700×700 / 420×560 мм	1	
16	Коліно 90°, 700×700 мм	2	
17	Димова труба Н = 30,24 м	1	
18	Кран шаровий Ду15	4	
19	Кран шаровий фланцевий Ду50	4	
20	Кран шаровий фланцевий Ду65	3	
21	Клапан зворотний Ду 65	1	



						08-15.МКР.003.05.00.000 Г5		
						м. Чернівці		
Зм.	Кілч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні у місті Чернівці	Стадія	Аркцш
Розробив	Лаврус В. Р.							Аркцшів
Перевірив	Степанова Н.Д.					Схема системи очищення димових газів монтажна аксонометрична		7
Т. контр.								
Рецензент	Андріхов В.М.							
Н. контр.	Степанова Н.Д.					ВНТУ, ТЕ-22м3		
Затвердив	Степанов Д.В.							

Погоджено

На зам інв №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

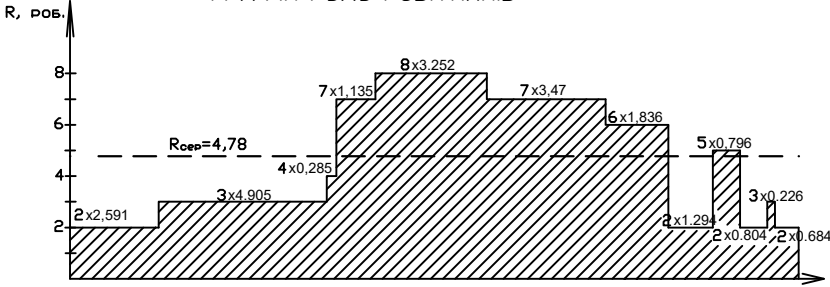
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ

Но ме р	Найменування робіт	Одиниця вимірюв ання	Об'єму	Норма часу, люд-год	Трудоміс ткість	Склад бригади	Кількіс ть працівн иків	Трива лість	2023 рік																														
									Січень																														
									2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31									
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22									
1	Доставка деталей до місця монтажу та їх складування	м	9,060	4,400	4,983	вантажник, водій	2	2,490	2x2,49																														
2	Розмітка місць прокладання трубопроводів і газоходів	100 м	1,010	1,600	0,202	монтажник 6 і 3 розр.	2	0,101		2x0,101																													
3	Монтаж циклонів-утилізаторів з теплообмінником 6,375 м², D = 1500 мм	10 шт.	0,200	441,8300	11,050	монтажник 2, 4 і 6 розр.	3	3,680			3x3,68																												
4	Монтаж димососа ДН-11,2	шт.	1,000	39,200	4,900	монтажник 2, 4, 6 розр.	3	1,225							3x1,225																								
5	Прокладання газоходів і фасонних частин 900х500 мм	100 м²	0,1951	232,9	5,6800	монтажник 2, 3, 4, 5 розр.	4	1,420								4x1,42																							
	Монтаж дросель-кранів ДКП 900х500	шт.	2	6,780	1,695	монтажник 3, 4, 5 розр.	3	0,565								3x0,565																							
6	Монтаж вибухових кранів Ø620 мм.	шт.	2	6,830	1,710	монтажник 3, 4, 5 розр.	3	0,570								3x0,57																							
	Прокладання газоходів і фасонних частин Ø560 мм	100 м²	0,129	302,600	4,860	монтажник 2, 3, 4, 5 розр.	4	1,220									4x1,22																						
	Прокладання газоходів і фасонних частин Ø800 мм	100 м²	0,190	232,900	5,517	монтажник 2, 3, 4, 5 розр.	4	1,379									4x1,379																						
	Прокладання газоходів і фасонних частин 700х700 мм	100 м²	0,090	232,900	2,610	монтажник 2, 3, 4, 5 розр.	4	0,653									4x0,653																						
	Монтаж щогли та димової труди	м	3,280	83,520	34,240	монтажник 3 і 4 розр.	4	8,560										4x8,56																					
	Прокладання трубопроводів діаметром 76х3 мм	м	0,259	321,300	10,400	монтажник 2, 3, 4 розр.	3	3,470										3x3,47																					
	Встановлення зворотних кранів та кульових кранів Ду 65	10 шт.	0,400	64,000	3,200	монтажник 3 і 4 розр.	2	1,600													2x1,6																		
	Монтаж насоса Grundfos MAGNA3 50-180 F	шт.	1,000	24,52	3,065	монтажник 3 і 5 розр.	2	1,530																		2x1,53													
7	Прокладання трубопроводів діаметром 57х3 мм	м	0,047	410,200	2,390	монтажник 2,3 і 4 розр.	3	0,796																				3x0,796											
8	Встановлення кульових кранів Ду 50	10 шт.	0,400	64	3,200	монтажник 3 і 4 розр.	2	1,600																				2x1,6											
10	Гідравлічне випробовування трубопроводів	100 м	0,659	8,220	0,677	монтажник 3, 4 і 5 розр.	3	0,226																					3x0,226										
12	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	1,010	2,400	0,303	монтажник 5,6 розр.	2	0,152																						2x0,152									
13	Повернення допоміжного обладнання на склад	м	1,935	4,400	1,064	вантажник, водій	2	0,532																						2x0,532									

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№ п/п	Позначення	Формула	Результат	Одиниця виміру
1	$Q_{зог}$	$\sum Q_i$	101,75	люд.-дні
2	$T_{зог}$		21,3	дні
3	R_{max}		8	люд.
4	$R_{сер}$	$Q_{зог}/T_{зог}$	4,78	люд.
5	$T_{встан}$		15	дні
6	$\pm_1$	$R_{сер}/R_{max}$	0,597	
7	$\pm_2$	$T_{встан}/T_{зог}$	14,2	

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



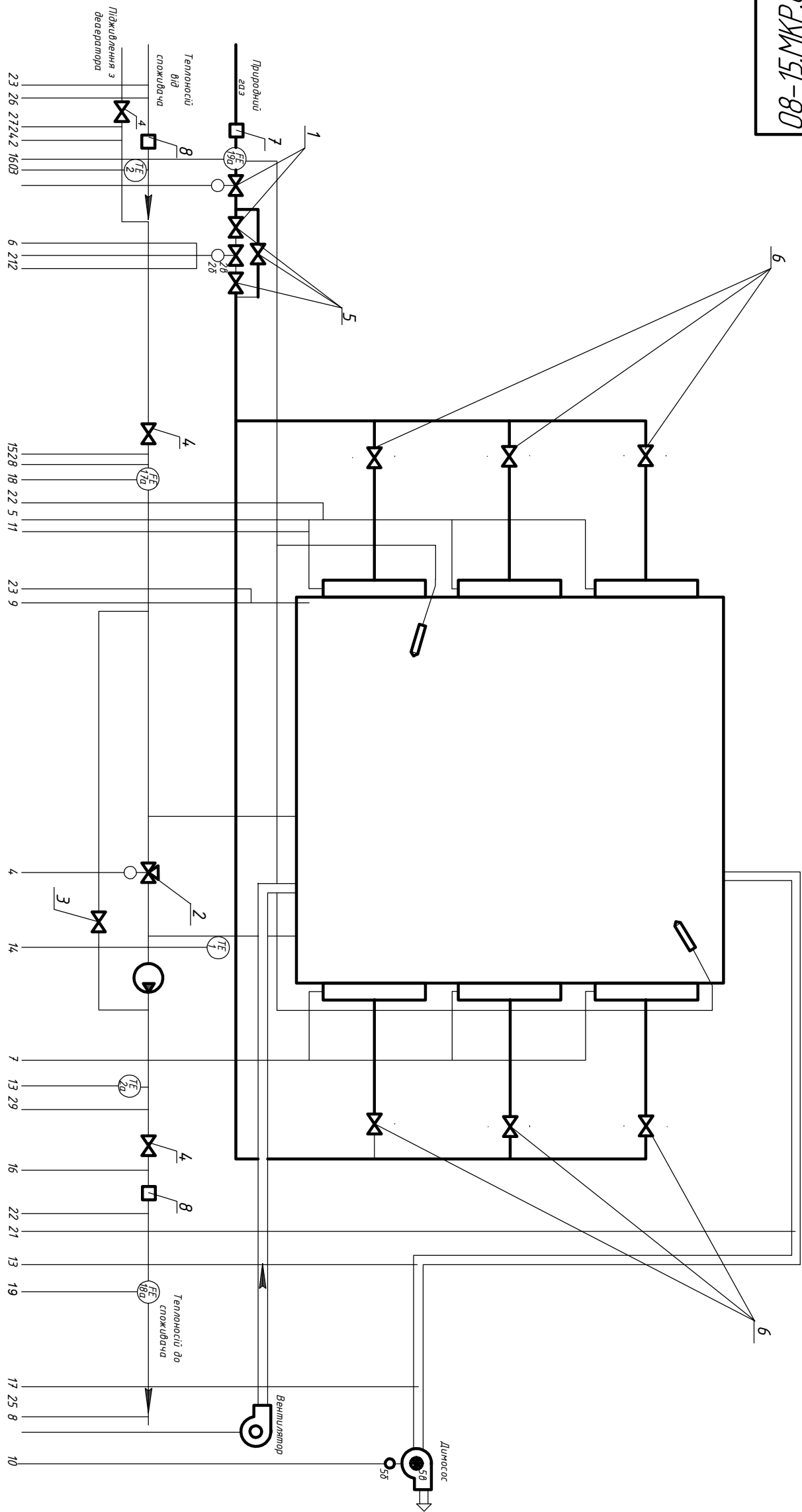
ГРАФІК РОБОТИ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Вантажний автомобіль Renault Midlum 190.12 DXI	2,49																															0,532
Лейбідка з електроприводом ЛМЧ-1			1,91		0,17				0,41					0,14																		0,1
Зварювальний напівавтомат Edon MIG 315				0,54	0,34				8,56																							
Кутова шліфмашина Mächtz MAG-18/1970 VS									0,1																					0,1		
Візок гідравлічний ручний Staxx PWH25-II	2,49																															0,532
Ручний опресувальний насос Badestnost PRB25M																																0,378
Компресор пересувний повітряний Dnipro-M AC-50VG									4,67																							
Ножичний підйомник GS 1932									4,67																							
Автокран КС-45729А-С-02									8,56																							

						08-15.МКР.003.06.00.000 КР				
						м. Чернівці				
Зм.	Кол.уч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні у місті Чернівці		Смадія	Арк.	Аркушів
Розробив	Лабус Р.В.									
Перевірив	Степанова Н.Д.									
Т. контр.										
Опонент	Андрухов В.М.					Календарний план монтажу системи очищення димових газів		ВНТУ, гр. ТЕ-22мз		
Н. контр.	Степанова Н.Д.									
Розробив	Степанова Н.Д.									

Лист №	Перв. заст.

Інв. № підл.	Підп. та дата	На зам. інв. №	Інв. № дудл.	Підп. та дата

[illegible]

							08-15.МКР.003.07.00.000 А2	
Зм. Док.	№ докum.	Підп.	Дата	функціональна схема автоматизації котла КВГ-6,5				
Розроб.	Надвч. В.Р.							
Перевірюв	Степанова Н.Д.							
Т. конпр.								
Опонент	Андрухов В.М.							
Н.контр.	Степанова Н.Д.							
Замб.	Степанов Д.В.							
				Лит.	Маса	Маштаб	ВНТУ, гр. ТЕ-22мс:	
				Акд.	Архивув 1			

Додаток Д
(Довідковий)

Математична модель оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі водогрійної котельні

Відносне теплове навантаження для опалення при t_3

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{\text{в.р.}} - t_3}{t_{\text{в.р.}} - t_{3,0}} \quad . \quad (\text{Д.1})$$

Потужність відпущеної теплоти

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right) \quad . \quad (\text{Д.2})$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_o = \frac{t'' + t'}{2} - t_{\text{в.р.}} \quad . \quad (\text{Д.3})$$

Перепад температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_o = t'' - t' \quad . \quad (\text{Д.4})$$

Перепад температур води в опалювальній системі для розрахункового режиму $\Theta_o = \Delta \tau_o = 20 \text{ } (^{\circ}\text{C})$.

Температура в подавальному трубопроводі при t_3

$$\tau_1 = t_{\text{в.р}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta \tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right) . \quad (\text{Д.5})$$

Температура в зворотному трубопроводі при t_3

$$\tau_2 = t_{\text{в.р}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right) . \quad (\text{Д.6})$$

Температура в подавальному трубопроводі з врахуванням охолодження в котельні

$$\tau'_1 = \tau_1 + \Delta t_{\text{охолодження}} . \quad (\text{Д.7})$$

Температура в зворотному трубопроводі з врахуванням охолодження в котельні

$$\tau'_2 = \tau_2 - \Delta t_{\text{охолодження}} . \quad (\text{Д.8})$$

Витрата мережної води на систему опалення

$$G_{\text{тм}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)}{C_p (\tau'_1 - \tau'_2)} . \quad (\text{Д.9})$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{тм}}^{\text{оп}} \cdot \alpha_{\text{втр}} . \quad (\text{Д.10})$$

Витрата сирії води

$$G_{\text{св}} = 1,2 \cdot G_{\text{пж}} . \quad (\text{Д.11})$$

Потужність підігрівника сирії води

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}) . \quad (\text{Д.12})$$

Витрата грійної води на підігрівник сирії води

$$G_{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{псв}}}{C_p (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}})} . \quad (\text{Д.13})$$

Теплова потужність циклонів твердопаливного котла (з умови корисного використання теплоти відхідних газів та золи в розмірі 2,0% від потужності котла

$$Q_{\text{цик}} = Q_{\text{твердоп}} \cdot 0,02 , \quad (\text{Д.14})$$

Температура води на виході з циклона - теплоутилізатора

$$t''_{\text{ут}} = t'_{\text{к}} + \frac{Q_{\text{цик}}}{G_{\text{цик}} \cdot C_p} . \quad (\text{Д.15})$$

Витрату води в лінії рециркуляції $G_{\text{рец}}$ визначаємо з теплового та матеріального балансів змішування води в мережних насосах

$$G_{\text{мн}} \cdot t'_{\text{к}} = (G_{\text{тм}} - G_{\text{пж}}) \cdot \tau_2 + G_{\text{пж}} \cdot t_{\text{хво2}} + G_{\text{гр}} \cdot t' + G_{\text{рец}} \cdot t''_{\text{к}} + G_{\text{ут}} \cdot t''_{\text{ут}} , \quad (\text{Д.16})$$

$$G_{\text{мн}} = (G_{\text{тм}} - G_{\text{пж}}) + G_{\text{пж}} + G_{\text{гр}} + G_{\text{рец}} + G_{\text{ут}} , \quad (\text{Д.17})$$

Витрату води в лінії перепускання $G_{\text{пер}}$ визначаємо з теплового та матеріального балансів лінії перепускання

$$G_{\text{ТМ}} \cdot t_{\text{П}} = (G_{\text{ТМ}} - G_{\text{пер}}) \cdot t_{\text{К}}'' + G_{\text{пер}} \cdot t_{\text{МН}} , \quad (\text{Д.18})$$

$$G_{\text{ТМ}} = (G_{\text{ТМ}} - G_{\text{пер}}) + G_{\text{пер}} , \quad (\text{Д.19})$$

Витрату води через котли

$$G_{\text{К}} = G_{\text{МН}} - G_{\text{пер}} , \quad (\text{Д.20})$$

Загальна потужність котельні

$$Q_{\Sigma} = G_{\text{ТМ}} \cdot c_p \cdot (\tau_1' - \tau_2') \cdot (1 + \alpha_{\text{ВЛ.П}}) , \quad (\text{Д.21})$$

Відсоток завантаженості котлів

$$b = \frac{Q_{\Sigma}}{\Sigma Q_{\text{НОМ}}} , \quad (\text{Д.22})$$

Розрахункова витрата газового палива

$$B_{\text{газ}} = \frac{Q_{\text{газ}} \cdot N_{\text{працюючих}}}{Q_{\text{нгаз}}^p \cdot \eta_{\text{кгаз}}} , \quad (\text{Д.23})$$

Розрахункова витрата твердого палива

$$B_{\text{твердоп}} = \frac{Q_{\text{твердоп}} \cdot N_{\text{працюючих}}}{Q_{\text{нтвердоп}}^p \cdot \eta_{\text{ктвердоп}}}, \quad (\text{Д.24})$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{твердоп}} \cdot N_{\text{працюючих}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{ктвердоп}}} + \frac{Q_{\text{газ}} \cdot N_{\text{працюючих}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кгаз}}}, \quad (\text{Д.25})$$

ККД котельні

$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{(B_y \cdot Q_{\text{ну}}^p)}. \quad (\text{Д.26})$$