

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:
**«Підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної
водогрійної котельні у місті Тульчин»**

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

Ранда Є. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанова Н.Д.
(прізвище та ініціали)

« 11 » грудня 2023 р.

Опонент Христич О. В.
(прізвище та ініціали)

« 13 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ
к.т.н., доц. Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)
« 11 » грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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



З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Раїді Євгену Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної водогрійної котельні у місті Тульчин

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 247

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: максимальна потужність системи опалення $Q_{оп} = 320$ кВт, потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 380$ кВт, максимальна теплова потужність системи вентиляції $Q_{вент} = 112$ кВт, температурний графік мережної води $t_{гр} / t_{хв} = 90 / 70$ °С, температура холодної води $t_{хв} = 5$ °С, температура води на гаряче водопостачання $t_{гв} = 60$ °С, розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення $t_{z.o} = -21$ °С, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{z.o} = -0,2$ °С.

4. Зміст текстової частини

Аналітичний огляд літературної інформації; показники роботи теплової схеми водогрійної котельні для потреб тепlopостачання; оцінка ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водопостачання; 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 показників роботи сонячної системи гарячого водопостачання протягом року; показники впливу методів отримання теплоти на навколишнє середовище протягом життєвого циклу; схема теплогенерувального обладнання монтажна аксонометрична; календарний план монтажу теплогенерувального обладнання котельні; функціональна схема автоматизації водогрійної котельні

6. Консультанти розділів роботи

Розділ, підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І.М., доц. каф. БЖДПБ	 19.09.2023	 19.09.2023
Економічна частина	Лялок О.Г. доц. каф. БМГА	 19.09.2023	 19.09.2023
Розділи 1 – 3 та підрозділи 4.1-4.2	Степанова Н.Д. Доц. каф. ТЕ	 15.09.2023	 13.12.2023

7. Дата видачі завдання _____ 19.09.2023 р _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Формування та аналізування вхідних даних до магістерської кваліфікаційної роботи	30.09.23	
2	Розробка аналітичного огляду літературної інформації	07.10.23	
3	Визначення показників роботи теплової схеми водогрійної котельні для потреб теплопостачання	20.10.23	
4	Оцінка ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водопостачання	25.10.23	
5	Організаційно-технологічна частина	10.11.23	
6	Економічна частина	25.11.23	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	06.12.23	

Студент _____

(підпис)

Ранда Є. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Степанова Н. Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.182

Ранда Є. С. Підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної водогрійної котельні у місті Тульчин. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 108 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 63 назви; рис.: 11; табл. 21.

В даній роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації. Проаналізовано загальну характеристику та склад обладнання водогрійних котелень, переваги та недоліки котелень на традиційних видах паливі та біомасі, ефективність використання сонячних систем тепlopостачання. Визначені та проаналізовані іпоказники роботи теплової схеми котельні, що працює на систему тепlopостачання. У розрахунках розглянуто чотиривиди палива: природний газ, тріска деревини, буре вугілля та електроенергія. В результаті розрахунку теплової схеми для трьох режимів роботи визначено витрату умовного та робочого палива на котельні, коефіцієнт корисної дії котельні, собівартість виробництва теплоти. В якості палива для теплогенераторів обрано тріску деревини. На основі розробленої математичної моделі виконано ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водопостачання. Виконано аналіз екологічних показників роботи за чотирма видами палива в котельні. Виявлено доцільний варіант з економічної та екологічної точки зору. Розроблено технологію монтажу теплогенерувального обладнання водогрійної котельні. Розроблений календарний графік монтажу теплоенерувального обладнання котельні. 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, теплогенератор, сонячна система тепlopостачання

ABSTRACT

Randa Y. S. Increasing the energy and environmental efficiency of a solid fuel water heating boiler house in the city of Tulchyn. Master's degree in the specialty 144 - heat power engineering, educational program - heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 108 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 63 titles; fig.: 11; tabl. 21.

In this work, an analytical review of literary information is performed. The general characteristics and composition of the equipment of water heating boilers, the advantages and disadvantages of boilers on traditional types of fuel and biomass, the efficiency of using solar heat supply systems have been analyzed. The performance indicators of the thermal scheme of the boiler room operating on the heat supply system have been determined and analyzed. Several types of fuel are considered in the calculations: natural gas, wood chips, brown coal and electricity. As a result of the calculation of the thermal scheme for three modes of operation, the consumption of conventional and working fuel in the boiler room, the efficiency ratio of the boiler room, and the cost of heat production were determined. Wood chips were chosen as fuel for heat generators. On the basis of the developed mathematical model, the efficiency of the thermal scheme of the water heating boiler room with a solar installation for hot water supply was performed. An analysis of the environmental indicators of work for four types of fuel in the boiler room was performed. An expedient option from an economic and ecological point of view has been identified. The technology of installation of heat-generating equipment of a water-heating boiler house has been developed. A calendar schedule for the installation of heat generating equipment of the boiler room has been developed. Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed. A local estimate for the installation of the system has been prepared

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

Key words: biomass, water heating boiler house, natural gas, heat generator, solar heating system.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	7
1.1 Водогрійна котельня для потреб теплопостачання.....	7
1.2 Використання біомаси для отримання теплової енергії.....	9
1.3 Використання енергії Сонця для потреб теплопостачання.....	16
1.4 Висновки до розділу 1.....	18
2 ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ	20
КОТЕЛЬНІ ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	20
2.1 Розрахунок теплової схеми котельні в різних режимах роботи.....	20
2.2 Обґрунтувати характеристик основного та допоміжного обладнання водогрійної котельні.....	22
2.3 Аналіз варіантів та техніко-економічне обґрунтування вибору палива для котельні.....	24
2.4 Висновки до розділу 2.....	28
3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ З ГЕЛІОУСТАНОВКОЮ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	29
3.1 Розроблення математичної моделі оцінки ефективності роботи геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні.....	29
3.2 Дослідження показників ефективності сонячної системи гарячого водопостачання.....	30
3.3 Аналіз екологічних роботи водогрійної котельні.....	33
3.4 Обґрунтування вибору обладнання сонячної системи гарячого водопостачання.....	37
3.5 Висновок до розділу 3.....	39
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	40
4.1 Технологія монтажу теплогенерувального обладнання на твердопаливній водогрійній котельні.....	40

	3
4.2 Система автоматизації водогрійної котельні.....	60
4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
4.4 Висновки до розділу 4.....	91
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	93
5.1 Локальний кошторис.....	93
5.2 Простий термін окупності.....	94
5.3 Висновки до розділу 5.....	98
ВИСНОВКИ.....	99
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	102
Додаток А. (обов'язковий) Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	109
Додаток Б. (обов'язковий) Технічне завдання.....	111
Додаток В (обов'язковий) Локальний кошторис	116
Додаток Г (довідковий) Математична модель для дослідження ефективності системи сонячного гарячого водопостачання у теловій схемі водогрійної котельні	126
Додаток Д (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	132

ВСТУП

Актуальність теми. Досить актуальним на даний час є забезпечення потреб теплопостачання із застосуванням енергоефективних технологій, що дозволить зменшити залежність від імпортованих видів палива, послабити вплив теплогенерувальних установок на довкілля.

Використання викопних видів палива в котельнях має кілька серйозних недоліків, які впливають як на навколишнє середовище, так і на загальну стійкість енергетичної системи. Серед недоліків можна виділити значні викиди парникових газів, що є однією з причин глобального потепління. А також використання викопних видів палива зроблює енергетичну систему більш вразливою до цінових коливань на світовому ринку палива. Для подолання цих недоліків важливо інвестувати в розвиток та впровадження енергоефективних технологій та відновлювальних джерел енергії, а також сприяти зменшенню використання викопних видів палива в енергетичному секторі.

Україна має досить високий потенціал біомаси, яка доступна для вироблення енергії [1]. Окрім того наша країна має значний потенціал використання енергії Сонця для потреб теплопостачання, особливо в контексті водонагрівальних систем та опалення. Використання сонячних технологій сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин у порівнянні з традиційними джерелами енергії, такими як вугілля чи газ.

Поєднання двох технологій отримання теплоти для потреб теплопостачання дозволяє створювати комплексні та ефективні системи теплопостачання. Сонячні системи та спалювання біомаси можуть доповнювати один одного, забезпечуючи ефективний режим роботи протягом року та зменшує залежність від викопних палив.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті в межах науково-дослідної роботи кафедри теплоенергетики 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. Зменшення залежності від традиційних джерел енергії, шкідливого впливу на довкілля та досягнення енергетичної самодостатності шляхом впровадження технології спалювання твердої біомаси та використання сонячних технологій у тепловій схемі твердопаливної котельні.

Задля досягнення мети визначені завдання:

- виконати огляд та аналіз відомих енергетично- та екологічно ефективних технологій отримання теплоти для потреб тепlopостачання;
- розробити математичну модель та методику оцінки ефективності системи сонячного гарячого водopостачання у тепловій схемі водогрійної котельні на біомасі;
- дослідити вплив кута нахилу до горизонту на показники роботи геліоустановки;
- обґрунтувати характеристики основного та допоміжного обладнання теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водopостачання;
- розробити технологію монтажу теплогенерувального обладнання водогрійної котельні на біомасі;
- розробити функціональну схему автоматизації частини теплової схеми водогрійної котельні на біомасі;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях
- визначити основні показники ефективності інвестицій у водогрійну котельню на біомасі.

Об'єкт дослідження. Водогрійна котельня на біомасі.

Предмет дослідження. Підвищення енергетичної та екологічної ефективності водогрійної котельні на біомасі.

Методи дослідження. Дослідження показників енергетичної ефективності водогрійної котельні на біомасі з сонячною системою гарячого водопостачання виконувалось використовуючи методи математичного моделювання. Оцінка впливу на довкілля водогрійної котельні на різних видах палива протягом життєвого циклу виконувалась за допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2.

Новизна одержаних результатів.

Набули подальшого розвитку методи аналізу використання альтернативних видів палива на водогрійних котельнях в умовах пошуку оптимального з екологічної та економічної точки зору варіанту. Доведено, що заміщення викопних палив на водогрійних котельнях біомасою є ефективним. Показано, що використання сонячних систем гарячого водопостачання у обсязі 11,85% річного відпуску теплоти на його потреби дозволить знизити витрату умовного палива на котельні на 2,18 %.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на ЛП Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2023р.) та на міжнародній конференції «Інноваційні технології в будівництві – 2022».

Публікації. Результати роботи опубліковані у 2 тезах доповідей конференцій [2-3].

Структура і обсяг магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Використано 63 наукових джерел за переліком посилань. Обсяг роботи – 108 сторінок, включаючи 11 ілюстрацій, 21 таблицю.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Водогрійна котельня для потреб теплопостачання

Котельня - це спеціалізований технічний комплекс, призначений для вироблення теплової енергії шляхом згорання палива. Головною функцією котельні є нагрівання води або повітря для подальшого використання в теплопостачанні (опаленні приміщень, гарячого водопостачання) або в процесах виробництва.

Основні компоненти котельні включають:

- Котел - це пристрій, в якому відбувається згорання палива і передача теплоти до теплоносія (зазвичай води або пари). Котли можуть мати різні конструкції, такі як водогрійні, парові, газові, на твердому паливі тощо.
- Система подачі палива, що забезпечує подачу палива до котла. Вона може включати бункери, трубопроводи, паливні насоси, дозуючі системи тощо.
- Система димовідведення, щоб вивести продукти згорання, яка включає димові труби та інші пристрої.
- Система автоматики та керування, якими оснащені сучасні котельні, а також системи моніторингу, які регулюють процес згорання для оптимальної ефективності та забезпечують безпеку експлуатації.
- Система теплопостачання. Котельня передає теплоту теплоносієві (воді чи парі), який подалі транспортує теплоту до споживачів.
- Система запуску та зупинки. Для безпечної експлуатації котельні має бути обладнана системою запуску та зупинки, яка включає в себе заходи для запуску та аварійного відключення котла.
- Система очищення та обслуговування. Для забезпечення ефективності та тривалості служби котельні має бути система очищення від нальоту та обслуговування.

Котельні можуть працювати на різних типах палива, таких як природний газ, нафта, вугілля, біомаса, та інші. Також існують різні типи котельні, включаючи централізовані теплові мережі, котельні для індивідуальних будинків, промислові котельні тощо.

Робота допоміжного обладнання значно впливає на ефективність роботи теплогенератора. Допоміжне обладнання включає в себе різні системи і компоненти, які підтримують оптимальні умови для роботи теплогенератора та забезпечують ефективну і безперебійну роботу, а саме:

- Ефективна система подачі палива грає важливу роль у забезпеченні правильної кількості та якості палива для теплогенератора. Допоміжні пристрої, такі як паливні насоси, дозуючі системи та фільтри, можуть впливати на ефективність згоряння палива.

- Сучасні системи керування і автоматика грають важливу роль у відстеженні та оптимізації різних параметрів роботи теплогенератора, таких як температура, тиск, обороти інших. Правильна робота цих систем забезпечує ефективну експлуатацію.

- Ефективна система засмоктування і відведення газів є важливою для оптимального згоряння палива та виведення продуктів згоряння. Вентилятори, димовідведення і системи очищення газів впливають на роботу теплогенератора.

- Теплообмінний агрегат відповідає за передачу тепла від горіння палива до теплоносія (води або пари). Ефективність теплообмінника визначає ефективність перетворення енергії згоряння в теплову енергію.

- Якщо теплогенератор працює на водяному теплоносії, система водопостачання грає ключову роль у забезпеченні достатнього обсягу та тиску води для ефективної передачі тепла.

- Допоміжне обладнання також включає системи безпеки, такі як системи відключення в разі аварії, захист від перегріву, та інші. Ці системи важливі для запобігання небезпекам і забезпечення безперебійної та безпечної роботи.

- Регулярне обслуговування допоміжного обладнання, його чистка та правильний догляд також впливають на ефективність роботи теплогенератора.

Узагальнюючи, оптимальна робота допоміжного обладнання дозволяє забезпечити ефективну та надійну роботу теплогенератора, що важливо для забезпечення потреб у теплоті та енергії.

1.2 Використання біомаси для отримання теплової енергії

Біомаса – це органічні матеріали, які вирощуються або знаходяться в природі і можуть бути використані для виробництва енергії. Отримання теплової енергії з біомаси може відбуватися за допомогою різних технологій. Найбільш відомі види біомаси, які використовуються для отримання теплової енергії:

- **Деревина.** Деревина є одним з основних видів біомаси, використовуваних для теплового виробництва. До неї входять дрова, торф та деревні пелети. Деревина може бути спалювана безпосередньо або перероблена в біопаливні гранули.

- **Біопаливні гранули (пелети).** Біопаливні гранули виготовляються з деревини, соломи, сіна, аграрних залишків або інших органічних матеріалів. Вони паливо, що згорає більш ефективно, і є популярним джерелом для котлів та печей.

- **Солома.** Солома, яка залишається після збирання зерна, може бути використана для виробництва тепла. Вона може бути спалена в котлах або перероблена в пелети.

- **Біогаз.** Біогаз виробляється у результаті анаеробного розкладання органічних матеріалів, таких як стічні води, рештки їжі, аграрні залишки. Його можна використовувати для виробництва теплоти та електроенергії.

- Біомаса з культур енергетичних рослин. Деякі спеціально вирощувані види рослин, такі як верблюжина, міскантус, осока, можуть бути використані для виробництва теплоти. Вони можуть бути сіяні і вирощувані спеціально для енергетичних потреб.

- Торф. Торф використовується у вигляді палива для генерації теплоти. Однак використання торфу може бути об'єктом дискусій через його вплив на довкілля та відновлення природних біотопів.

- Органічні відходи. Органічні відходи, такі як рештки їжі, гноївка, сільгоспвідходи, можуть бути перероблені для виробництва біогазу або використані в біоелектростанціях для виробництва теплоти.

Кожен вид біомаси має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від ряду факторів, таких як доступність сировини, ефективність та вплив на довкілля.

Існує кілька технологій спалювання біомаси, які використовуються для отримання теплової енергії. Ось деякі з них:

- спалювання в шарі: на нерухомій решітці, на рухомій решітці [1], на вібраційній решітці, з нижнім подаванням, на перештовхувальній решітці, на обертальній решітці;

- спалювання у псевдозріджуваному стані: в киплячому шарі [1], у циркулюючому киплячому шарі;

- сумісне спалювання;

- камерне спалювання: пилове спалювання (пряме, з попередньою газифікацією), вихорове спалювання (горизонтальний або вертикальний вихор).

Ефективність технології спалювання біомаси залежить від кількох факторів, таких як тип використовуваної біомаси, конкретна технологія спалювання та рівень оптимізації системи.

Одним із найбільш ефективних методів спалювання твердої біомаси є флюїдизовані камери згоряння та спалювання у псевдозрідженому стані:

- Флюїдизовані камери згорання (Fluidized Bed Combustion - FBC). FBC є технологією, при якій тверді частинки (у цьому випадку, наприклад, біомаса) рухаються у вигляді рухливого шару в потоці гарячого газу. Цей рухливий шар створює високий тепловий обмін і забезпечує ефективне згорання палива. FBC широко використовується в енергетичних установках для виробництва тепла та електроенергії з біомаси, вугілля, відходів тощо.

- Спалювання у Псевдозрідженому Стані (Pneumatic Conveying). Спалювання у псевдозрідженому стані відноситься до процесу спалювання твердих матеріалів, таких як вугілля чи біомаса, за використання та подачу їх у газоподібному потоці. У цьому випадку, матеріал вводиться в потік газу, який подається за допомогою пневматичного транспорту. В результаті виникає високо інтенсивний згорання. Цей метод може бути використаний для ефективного спалювання різних видів твердого палива.

Отже, хоча обидві технології спрямовані на забезпечення ефективного згорання твердих матеріалів, вони мають свої власні характеристики та застосування. Флюїдизовані камери згорання зазвичай використовують рухливий шар, тоді як спалювання у псевдозрідженому стані акцентується на використанні пневматичного транспорту для підводу матеріалів у потік газу для згорання.

Після аналізу чинників, що впливають на ефективність отримання теплоти із біомаси автор [4] встановив, що для спалювання твердої біомаси потрібно слідкувати за подаванням повітря враховуючи вологість та фізико-хімічні властивості сировини, а саме за значенням коефіцієнта надлишку повітря (α). Залежно від технології спалювання та виду палива оптимальне значення α завжди більше одиниці. Ефективність спалювання біомаси забезпечує економічність роботи теплогенератора і сприяє зменшенню шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Деревина є одним з найбільш використовуваних видів біомаси для отримання теплоти з кількох причин [5]:

- Є загальнодоступним ресурсом у багатьох частинах світу. Великі лісові масиви забезпечують велику кількість деревини, що робить її доступною для використання як джерело біомаси.

- Має високу енергетичну щільність, що означає, що при спалюванні вона виробляє значну кількість тепла. Це робить деревину ефективним джерелом енергії для опалення та виробництва теплової енергії.

- Можна використовувати у різних формах, таких як дрова, деревні паливні гранули, тирса, брикети та інші. Це дозволяє використовувати її в різноманітних системах опалення та енергетичних установках.

- Лісовий господар та управління лісами можуть забезпечувати стале та стійке виробництво деревини за допомогою лісокультур та відновлюваних методів ведення лісового господарства.

- Для виробництва теплоти може бути використана вторинно, наприклад, після обробки деревини для меблів чи будівництва. Це сприяє зменшенню відходів та максимізації використання ресурсів.

- Використання деревини для отримання теплоти може бути більш екологічно стійким, оскільки воно відбувається в межах карбонового циклу. При зростанні дерев, вони поглиблюють вуглець з атмосфери, який потім вивільняється під час їхнього спалювання.

Однак важливо здійснювати використання деревини в екологічно стійких та відповідальних способах, щоб уникнути негативного впливу на лісові ресурси та біорізноманіття.

На думку авторів [6] найменш доцільна для спалювання в топках рослинна біомаса, а більш доцільна – деревина. Через низьку температуру плавлення золи і високий вміст Cl та S для спалювання рослинної біомаси потрібно застосовувати низькотемпературні технології, або спалювати разом із паливами, що мають більшу температуру плавлення, наприклад із торфом.

На думку авторів [7, 8] використання низькосортних біопалив для отримання теплоти краще з перетворенням їх на синтез-газ у газогенераторах. Пе-

редусім доцільно так використовувати рослинну біомасу, оскільки перед використанням її необхідно висушувати, що є обмежує її використання. Автором [9] встановлено за допомогою експериментальних досліджень, що через підвищений вміст метану та важких вуглеводнів піролізний газ має більшу теплоту згорання.

Автори [10, 11] вважають, що підвищити ефективність спалювання біомаси можна за допомогою його гранулюванням або брикетуванням. Такий спосіб отримання теплоти має такі переваги на прямим спалюванням біомаси:

- Паливні брикети і гранули мають вищу енергетичну щільність порівняно з сировиною виготовлення, оскільки вони стискаються або формуються під високим тиском. Це означає, що для транспортування і зберігання потрібно менше об'єму, що робить їх більш практичними для використання.

- При виготовленні брикетів і гранул можна контролювати різні параметри, такі як вологість та розмір частинок. Це полегшує стабільність та регульованість умов спалювання.

- Паливні брикети та гранули є більш зручними для транспортування і зберігання, оскільки вони можуть бути компактно упаковані. Це знижує витрати на логістику і спрощує роботу з паливним матеріалом.

- Паливні брикети і гранули мають зазвичай більш регульоване тепловиділення порівняно із сировиною. Це може бути важливим фактором при використанні в системах опалення.

- Виробництво стиснутих паливних форм може супроводжуватися процесами сировинної підготовки, які можуть зменшити вологість і видалити деякі забруднення, що може призводити до меншших викидів і кращої екологічної придатності.

- У великих масштабах виробництва паливні брикети і гранули можуть бути більш економічно вигідними, оскільки їх виготовлення може бути автоматизованим та масштабованим [12].

Крім того автори [13] під час досліджень спалювання біопалива у топках киплячого шару встановили, що спрощення експлуатації котла можна за допомогою використання гранульованого палива.

Екологічні питання виробництва теплової енергії є досить важливими, оскільки теплоенергетичні підприємства спричиняють біля 75% викидів SO_2 , 20% золибіля 50% оксидів азоту. Це пояснює чому теплоенергетична галузь є основою технічного прогресу.

Порівняння екологічних аспектів спалювання біомаси та традиційних викопних палив, таких як вугілля та нафта, включає різні аспекти, такі як викиди, вплив на клімат, використання ресурсів, екологічна стійкість і багато інших. Нижче представлено деякі ключові аспекти для порівняння:

- Спалювання біомаси, такої як деревина чи біопаливо, сприяє циркуляції вуглецю в природному кругообігу. Викиди CO_2 при цьому вважаються біокомпенсованими, оскільки рослини виростають, поглиблюють вуглець з атмосфери, а потім вивільнюють його під час спалювання. У порівнянні з традиційними викопними паливами, які додають новий вуглець до атмосфери, це може бути менш впливовим на зміни клімату [14].

- Біомаса може випускати інші речовини при спалюванні, такі як NO_x (оксиди азоту), SO_2 (діоксид сірки) та тверді частки. Однак сучасні технології фільтрації та очищення дозволяють зменшити ці викиди. В той час як традиційні палива також можуть бути оброблені для зменшення викидів, їх дійсності часто супроводжують значні емісії [15].

- Традиційні викопні палива вимагають видобутку земель, що може призводити до деградації природних середовищ та руйнування екосистем. Біомаса може бути вирощена на спеціально відведених полях або використовувати вторинні ресурси, такі як відходи сільського господарства або деревопереробництва.

- Використання традиційних викопних палив призводить до вичерпання природних резервів, тоді як біомаса може бути вирощена в умовах відновлення.

- Використання біомаси може впливати на біорізноманіття, особливо якщо вирощування біомаси ведеться на землях, які могли б служити для природних екосистем. Тут важливо враховувати екологічні стандарти та методи ведення сільського господарства.

- Виробництво та використання біомаси може мати менший вплив на водні ресурси порівняно з видобутком та обробкою традиційних палив.

Обидва варіанти мають свої переваги і недоліки, і оцінка їхнього екологічного впливу повинна враховувати конкретні умови та технології, використовувани в конкретному випадку. Також важливо враховувати динаміку розвитку технологій та стандартів у сфері виробництва та використання обох видів палив.

Авторами [16, 17] показано, що спалювання біомаси з екологічної точки зору є безпечнішою у порівнянні із традиційними видами палив, а біомаса стане досить перспективним альтернативним паливом за умови забезпечення раціональних режимів спалювання і зниження викидів золи, метану та неметанових летких органічних сполук. Такий висновок отриманий при дослідженні викидів шкідливих речовин під час спалювання відходів деревини, соломи, льняної котриці, соняшникової лузги і природного газу.

Ефективність виробництва теплоти з біомаси залежить від:

- Вибір технології, використовуваної для вироблення теплової енергії з біомаси, грає важливу роль. Різні технології, такі як котли на деревині, газифікація, піроліз, та біопаливні електростанції, мають різні рівні ефективності.

- Вибір типу біомаси також є важливим фактором. Різні види біомаси (деревина, солома, багас, тирса) мають різний склад та енергетичну щільність, що може впливати на ефективність виробництва енергії.

- Вологість біомаси є критичним параметром. Волога біомаса вимагає більше енергії для її обробки та спалювання, що може знизити ефективність процесу.

- Для збереження високої якості біомаси та забезпечення її доступності для виробництва енергії важливо правильно здійснювати зберігання та транспортування. Довгий термін зберігання чи транспортування може призвести до втрати якості та погіршення ефективності.

- Регулярне обслуговування та правильна експлуатація обладнання для виробництва енергії з біомаси є ключовими. Старе чи несправне обладнання може привести до погіршення ефективності та збільшення витрат.

- Система відновлення біомаси та управління землею, де вирощується біомаса, може впливати на екологічну стійкість та загальну ефективність використання біомаси.

- Дослідження та розробка нових технологій та методів може сприяти підвищенню ефективності виробництва теплової енергії з біомаси.

- Ефективність також залежить від економічних аспектів, таких як вартість біомаси, струмові тарифи, доступність субсидій та економічні витрати на виробництво та зберігання.

Енергетичне використання біомаси більшістю випадків призводить до реконструкції існуючих або будівництва нових котелень.

1.3 Використання енергії Сонця для потреб теплопостачання

Енергія Сонця невичерпна, безкоштовна і більш екологічна, ніж будь-який з доступних людині видів енергії [18].

Існує п'ять основних способів використання сонячної енергії:

- тепловий - полягає в підігріві повітря, води або матеріалів (сушка);
- фотоелектричний - полягає в перетворенні енергії сонячних променів в електричну енергію;
- біологічний - ґрунтується на здатності рослин шляхом фотосинтезу перетворювати сонячну енергію в хімічну;
- хімічний - полягає в використанні процесів розкладання і синтезу речовин під дією сонячних променів (розкладання води на водень і кисень);

- прямий - для освітлення (вікна з жалюзі, світловий ліхтар, спеціальне скління, світловий люк, колектор з розподільним світловодом.

Перетворення сонячної енергії в теплову забезпечується забезпечується системами сонячного теплопостачання [19]:

- системи активного сонячного теплопостачання, в яких використовуються так звані активні установки на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія;

- системи пасивного сонячного теплопостачання, в яких різні конструкційні елементи і матеріали використовують як теплоприймачі;

- комбіновані системи сонячного теплопостачання.

Системи, які використовують сонячну енергію для вироблення теплоти, відрізняються : за призначенням – системи гарячого водопостачання, опалювання, сушка, опріснення води і т.д.; за часом роботи протягом року – сезонні і цілорічні; за характером руху теплоносія в процесі нагріву – без циркуляції, з природною або примусовою циркуляцією; за наявності дублюючого джерела – з дублером, без дублера (автономні).

Активна система сонячного теплопостачання включає компоненти, що працюють спільно для забезпечення ефективного та стабільного постачання теплоти за допомогою сонячної енергії [20], а саме:

- теплові сонячні колектори, що збирають сонячне випромінювання та перетворюють його на теплову енергію. Існують два основних типи: плоскі колектори та концентратори;

- теплоносій (рідина або повітря), що переносить теплоту від сонячного колектора до теплообмінника або накопичувача теплоти;

- теплообмінник, що передає теплоту від теплоносія до системи теплопостачання або накопичувача теплоти. У випадку систем опалення це може бути радіатор або тепловентилятор;

- система регулювання (термостати та контрольні системи), що відповідають за автоматичне керування системою для забезпечення оптимальної ефективності та теплопостачання;

- циркуляційні насоси, які забезпечують рух теплоносія через систему, що допомагає у передачі теплоти від колекторів до споживачів;
- акумулятор теплоти (бак або резервуар), що зберігає надлишкове теплоту, яке може бути використане в періоди відсутності Сонця;
- система подачі гарячої води, вона може містити спеціалізовані системи нагріву води або бути інтегрованою з водонагрівачами;
- контролери та моніторинг, що дозволяють відстежувати та керувати параметрами системи для оптимізації її роботи;
- автоматичні системи відслідковування (опція), що відстежують рух Сонця та забезпечують оптимальний кут нахилу колекторів для максимізації збору сонячної енергії.

Ефективність роботи сонячних колекторів залежить від спрямування колектора за сторонами світу а також від кута нахилу колектора до горизонту [21].

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано огляд і аналіз відомих енергетично та екологічно ефективних технологій отримання теплоти для потреб теплопостачання. Проаналізовані теплові схеми котельнь на різних видах палива, визначені їх переваги та недоліки. Оцінено екологічні та економічні питання використання біомаси та енергії Сонця як джерел відновлювальної енергії для потреб теплопостачання. За результатами аналізу відомої інформації з літературних джерел сформульовані задачі та мета досліджень.

Мета і задачі досліджень. Зменшення залежності від традиційних джерел енергії, шкідливого впливу на довкілля та досягнення енергетичної самодостатності шляхом впровадження технології спалювання твердої біомаси та використання сонячних технологій у тепловій схемі твердопаливної котельні.

Задля досягнення мети визначені завдання:

- виконати огляд та аналіз відомих енергетично- та екологічно ефективних технологій отримання теплоти для потреб теплопостачання;
- розробити математичну модель та методику оцінки ефективності системи сонячного гарячого водопостачання у тепловій схемі водогрійної котельні на біомасі;
- дослідити вплив кута нахилу до горизонту на показники роботи геліоустановки;
- обґрунтувати характеристики основного та допоміжного обладнання теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водопостачання;
- розробити технологію монтажу теплогенерувального обладнання водогрійної котельні на біомасі;
- розробити функціональну схему автоматизації частини теплової схеми водогрійної котельні на біомасі;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях визначити основні показники ефективності інвестицій у водогрійну котельню на біомасі

2 ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок теплової схеми котельні в різних режимах роботи

Розроблювана котельня розташована у місті Тульчин і забезпечує потреби теплопостачання.

Режими для яких виконується розрахунок теплової схеми котельні : максимально опалювальний, середньоопалювальний та міжопалювальний [22].

Склад обладнання теплової схеми : 3 паралельно підключені теплогенератори, 2 ємкісні теплообмінники гарячого водопостачання, контури систем теплопостачання, насоси, запірні арматури та трубопроводи. Котельня забезпечує теплову мережу з температурним графіком 90/70 °С.

Характеристики систем теплопостачання у різних режимах наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Потужності систем теплопостачання, кВт

Режим роботи котельні	Система теплопостачання		
	Опалення	Вентиляція	Гаряче водопостачання
Максимально опалювальний	320	112	380
Середньоопалювальний	149,33	72,8	
Міжопалювальний	-	-	

Протягом опалювального періоду температура навколишнього середовища постійно змінюється , тому для забезпечення допустимих параметрів мікроклімату відпущену потужність системи опалення визначають для середньої температури за опалювальний період і її враховують в розрахунках теплової схеми котельні у середньоопалювальному режимі.

Розглядаючи міжопалювальний режим роботи котельні приймаємо, що відпуск теплоти здійснюється лише на потреби гарячого водопостачання (ГВП).

Температури теплоносіїв у тепловій схемі котельні прийняті для різних режимів роботи наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Температури теплоносіїв котельні, °С

Теплоносій	Режим роботи котельні		
	Максимально опалювальний	Середньоопалювальний	Міжопалювальний
Вода після котла	90	90	90
Пряма мережна вода	90	70	90
Вода в зворотному трубопроводі котельні	70	50	70
Вода в системі ГВП	60		
Холодна / додаткова вода	5	10	10

Для максимального, середньо-опалювального та міжопалювального режимів роботи котельні розрахунки теплової схеми виконуються за стандартною методикою для водогрійних котелень, що наведена у [23]. Розраховані основні показники роботи котельні наведено у табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні в максимальному, середньо-опалювальному та міжопалювальному режимах роботи

Розрахункова величина	Позначення	Розмірність	Режими котельні		
			Максимальний	Середньо-опалювальний	Міжопалювальний
1	2	3	4	5	6
Витрата мережної води на ємкісні підігрівники ГВП	$G_{TM}^{ГВП}$	кг/с	4,87	4,89	4,87
Витрата мережної води в контурі калориферів вентиляції	$G_{TM}^{ВЕНТ}$	кг/с	1,43	0,94	-
Витрата мережної води в контурі опалення	$G_{TM}^{ОП}$	кг/с	4,02	1,9	-

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
Згальна витрата мережної води для теплопостачання	G_{TM}	кг/с	10,31	7,7	4,87
Витрата води на підживлення	$G_{ДВ}$	кг/с	0,026	0,0192	0,0122
Витрата мережної води перед мережним насосом	$G_{МН}$	кг/с	10,31	7,7	4,87
Витрата води в рециркуляційній лінії	$G_{рец}$	кг/с	0	1,302	0
Циркуляція води через котел	G_K	кг/с	10,31	5,16	4,87
Теплова потужність котельні	Q_K	кВт	865,3	647,2	408,2
Витрата умовного палива в теплогенераторах	B_y	кг/с	0,034	0,0254	0,016
Витрата робочого палива в теплогенераторах	B_p	м ³ /с	0,0975	0,0729	0,046
ККД котельні	η	%	0,815	0,809	0,81
Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти			39,29	39,23	39,23

2.2 Обґрунтувати характеристик основного та допоміжного обладнання водогрійної котельні

Беручи до уваги основні характеристики котельні, наведені у табл. 2.3 обираємо до встановлення три теплогенератори Ретра-3М [25], встановлена потужність яких становить 350 кВт, що забезпечить потреби теплопостачання у максимальному режимі із резервом 21,33%. У сереньоопалювальному режимі працюватиме 2 теплогенератори, а у міжопалювальному – один теплогенератор. Нестачу потужності у міжопалювальному режимі покриватиме сонячна система гарячого водопостачання, обладнання якої підбиратиметься згодом.

Враховуючи витрати теплоносія різними системами теплопостачання обираємо насоси:

- Системи опалення - «Wilо» TOP-S 50/7, подача якого 19,4 м³/год, напір 5,1 м і споживана потужність 590 Вт [26];
- Теплообмінників ГВП - «Wilо» TOP-S 65/7, подача якого 20 м³/год, напір 5,2 м і споживана потужність 480 Вт.
- Калориферів вентиляції - «Wilо» TOP-S 40/7, подача якого 4 м³/год, напір 6,6 м і споживана потужність 280 Вт.
- Рециркуляційний - «Wilо» TOP-S 25/10, подача якого 5,7 м³/год, напір 5,6 м і споживана потужність 317 Вт.

Загальна споживана потужність насосів протягом середньоопалювального та міжопалювального періоду роботи котельні, відповідно, Вт

$$N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} = N_{\text{НОП}} \cdot n_{\text{НОП}} + N_{\text{НГВП}} \cdot n_{\text{НГВП}} + N_{\text{НВЕНТ}} \cdot n_{\text{НВЕНТ}} + N_{\text{НРЕЦ}} \cdot n_{\text{НРЕЦ}} + N_{\text{ВЕНТ}} \cdot n_{\text{ВЕНТ}}, \quad (2.1)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} = 590 + 480 + 280 + 0 + 665 \cdot 3 = 3,345 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} = 590 + 480 + 280 + 317 + 665 \cdot 2 = 2,997 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} = 0 + 480 + 0 + 0 + 665 \cdot 2 = 1,81 \text{ (кВт)}.$$

Для компенсування температурних розширень теплоносія у трубопроводах котельні встановлюємо 2 розширювальних баки Zilmet CAL-PRO 400 ємністю 400 л. Ємність баків визначалася виходячи із об'єму систем теплопостачання $V_{\text{со}} = 13,296 \text{ м}^3$.

З метою зниження викидів золи у навколишнє середовище ісля спалювання білмаси у теплогенераторах в котельні встановлюємо зворотно-поточний циклон типу ЦН-11 з діаметром 630 мм. Розрахункова ефективність очищення відхідних газів у циклоні складає 97,6%.

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання з врахуванням можливості акумулювання теплоти встановлюємо 2 бойлери непрямого нагріву Reflex Storatherm Aqua AF 2000/1.

2.3 Аналіз варіантів та техніко-економічне обґрунтування вибору палива для котельні

Порівняння різних видів палива для використання в якості джерела теплоти для теплогенераторів котельні включає ряд факторів, таких як ефективність, вартість, екологічність та легкість в обробці. Важливо враховувати конкретні умови і вимоги кожного конкретного випадку. Нижче наведено деякі загальні аспекти порівняння:

- Природний газ має високу ефективність згорання, що забезпечує велику кількість енергії при невеликих втратах; має високу вартість у ринкових умовах України; зазвичай менше забруднює довкілля порівняно з іншими видами палива, але все ще має викиди CO₂.

- Буре вугілля має досить високу ефективність, але меншу, ніж у природного газу; зазвичай дешевше, аніж природний газ, але може варіюватися; має великий викид CO₂ та інших забруднюючих речовин, тому вважається менш екологічно чистим джерелом.

- Тріска деревини залежно від типу і якості деревини, може бути менш ефективною порівняно з іншими джерелами; зазвичай дешевше, але може бути працемісткою у зборі та обробці; якщо деревина вирощується та використовується відповідально, то вона може бути вважається відновлювальним джерелом енергії.

- Електроенергія : ефективність такої котельні залежить від джерела виробництва електроенергії (наприклад, гідро- та ядерні електростанції зазвичай є ефективнішими); вартість може варіюватися в залежності від джерела; відповідає екологічності джерела виробництва електроенергії.

Відновлювальні джерела, такі як сонце чи вітер, є більш екологічно чистими.

Вибір оптимального джерела енергії для котельні повинен враховувати конкретні потреби, фінансові можливості та враховувати важливість екологічних аспектів.

Задля техніко-економічного порівняння варантів палива (джерела енергії) для теплогенераторів котельні визначимо наступні величини

Річне виробництво теплоти теплогенераторами котельні для потреб тепlopостачання [24]

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{кот}}$, $Q_{\text{сер}}$, $Q_{\text{між}}$, - потужності котельні відповідно у максимальний, середньоопалювальний та міжопалювальний режимів роботи котельні, кВт;

$\tau_{\text{макс}}$, $\tau_{\text{сер}}$, $\tau_{\text{між}}$ – тривалість відповідно максимального, середньоопалювального та міжопалювального режимів роботи котельні, год.

Річна витрата різних видів палива на водогрійній котельні [23]

$$V_p^{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_n^p \cdot \eta_k}, \quad (2.3)$$

де Q_n^p - нижча теплота згорання палива, кДж/кг (м^3);

η_k - коефіцієнт корисної дії теплогенераторів на відповідному паливі.

Витрати на певний вид палива протягом року

$$C_{\text{п}} = \text{Ц}_{\text{п}} \cdot V_p^{\text{річ}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.4)$$

де $\text{Ц}_{\text{п}} = 37,5$ грн/ м^3 – ціна газу [27];

$\text{Ц}_{\text{п}} = 3,15$ грн/кг – ціна тріски деревини;

$\text{Ц}_{\text{п}} = 6,5$ грн/кг – ціна бурого вугілля;

$k_{\text{вп}}$ – коефіцієнт, яким враховують втрати палива.

Витрата електроенергії на функціонування системи тепlopостачання протягом року

$$EE^{річ} = N_{вп}^{макс} \cdot \tau_{макс} + N_{вп}^{сер} \cdot \tau_{сер}, \quad (2.5)$$

Витрати на забезпечення потреб в електроенергії

$$C_{еє} = EE^{річ} \cdot \Pi_{еє}, \quad (2.6)$$

де $\Pi_{еє} = 3,2$ грн/(кВт·год) – тариф на електроенергію [28].

Витрати коштів на воду [23]

$$C_{в} = G_{річ} \cdot \Pi_{в}, \quad (2.7)$$

де $\Pi_{в} = 15,1$ грн/(м³) – тариф на воду [29].

Часткою від загальних капіталовкладень (К) враховують амортизаційні відрахування [30]

$$C_{а} = 0,07 \cdot K. \quad (2.8)$$

Часткою від амортизаційних відрахувань враховують затрати коштів на поточний ремонт [31]

$$C_{пр} = 0,2 \cdot C_{а}, \quad (2.9)$$

Оплата праці монтажників [30]

$$C_{зп} = n \cdot ЗП \cdot k_{відр}, \quad (2.10)$$

де ЗП – середня заробітна плата,

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

Інші невраховані витрати як частка від попередньої експлуатаційних затрат

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{се} + C_v + C_{пал}), \quad (2.11)$$

Витрати коштів на експлуатацію водогрійної котельні [23, 29]

$$C_{річ} = C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{се} + C_v + C_{ін} + C_{п}, \quad (2.12)$$

Собівартість виробництва теплової енергії на водогрійній котельні

$$CB_{тепл} = C_{річ} / Q_{річ}, \quad (2.13)$$

Використовуючи залежності (2.2) – (2.13) визначимо техніко-економічні показники роботи котельні на різних видах палива. Основні показники наведено у табл. 2.4.

Вид палива	Капіталовкладення в котельню, млн. грн.	Річні витрати на паливо, млн. грн./рік	Річні витрати на електроенергію, тис. грн.	Річні витрати на воду, тис. грн.	Загальні експлуатаційні витрати, млн. грн.	Собівартість виробництва теплоти, грн. /ГДж
Природний газ	0,986	21,71	38,6	5,96	23,88	1314,56
Буре вугілля	1,32	9,59			11,07	609,25
Тріска деревини	1,32	6,7			8,002	440,46
Електрокотел	0,975	17			18,89	1039,6

2.4 Висновки до розділу 2

Проаналізовано та виконано розрахунок теплової схеми водогрійної котельні для теплопостачання міста Тульчин з максимальною потужністю 0,9 МВт.

Витрата умовного палива на котельню складає 122,4 кг/год у максимальному режимі, 91,4 кг/год – у середньоопалюваному режимі та 57,6 кг/год – у міжопалювальному режимі роботи. Коефіцієнт корисної дії котельні у всіх режимах складає 0,81. Річне виробництво теплоти на теплопостачання складає 18168,8 ГДж.

Виконано вибір теплогенераторів Ретра-3М потужністю по 350 кВт у кількості 3 шт, циркуляційних насосів Wilo TOP-S 65/7, Wilo TOP-S 50/7, Wilo TOP-S 40/7, Wilo TOP-S 25/10, мембранних розширювальних баки Zilmet CAL-PRO 400 об'ємом 400 л у кількості 2 шт.

Аналізуючи результати наведених у даному розділі техніко-економічних розрахунків можна зробити такі висновки:

- найнижчі капіталовкладення в теплотехнічне обладнання котельні – котельня з електрокотлами;
- найнижчі експлуатаційні затрати – котельня з котлами на біопаливі у вигляді тріски деревини;
- найвища собівартість теплоти – котельня з котлами на природному газі, а найнижча – котельня з котлами на біопаливі у вигляді тріски деревини.

Отже найкращим джерелом теплоти для котельні потужністю 900 кВт за результатами розрахунків є біопаливо у вигляді тріски деревини.

Під час спалювання даного виду біопалива утворюється зола, тому необхідно вжити заходів із зменшення вмісту золи у димових газах після теплогенераторів.

3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ З ГЕЛІОУСТАНОВКОЮ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розроблення математичної моделі оцінки ефективності роботи геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні

Для оцінки ефективності роботи теплової схеми водогрійної котельні з геліоустановкою для гарчого водопостачання розроблена математична модель.

Дана модель є лінійною, статичною відносно часу, дискретною і функціональною відносно зміни параметрів. Програма розрахунку побудована на основі моделі у середовищі Excel є оптимізаційною. Розв'язується за конкретним алгоритмом [36, 37]. Математичний опис моделі містить 23 лінійних рівняння і наведений у додатку Г. Кінцевим результатом моделювання є побудова програми за алгоритмом, яка визначає коефіцієнт корисної дії сонячного колектора, необхідну площу для сприйняття сонячної радіації, сезонне виробництво теплоти геліоколекторами на потреби гарчого водопостачання.

Об'єктом моделювання обрано плоский сонячний колектор (СК). Грійне середовище – розчин етиленгліколю, вода. За допомогою програми можна визначити площу плоских геліоколекторів та кількість геліоколекторів.

Початком розрахунків є введення початкових даних. За результатами виконаних розрахунків, можна виконати графічну інтерпретацію отриманих результатів та продублювати їх за необхідності у інші прикладні програми.

Початкові дані для моделювання ефективності сонячної системи теплопостачання:

- Середня температура та амплітуда коливань температури середньодобова протягом року для м. Тульчин [32, 33];
- Середні температури повітря (t_{ij}) та осереднені температури повітря ($t_{сер}$) в період роботи сонячних систем гарчого водопостачання [33];

- Коефіцієнт положення геліоколектора P_s (значення) для прямої сонячної радіації;
- Інтенсивність розсіяної сонячної радіації I_D^{GOP} і прямої сонячної радіації I_S^{GOP} , що надходить на горизонтальну поверхню колектора;
- Температури води: холодної $t_{w,1}$ і гарячої $t_{w,2}$, °C;
- Оптична характеристика СК (приведена) для прямої сонячної радіації η_0 ;
- Навантаження системи ГВП (добове) $G_{доб}$, л/доб;
- Коефіцієнт теплових втрат сонячного колектора (приведений) U , Вт/(м²·К);

Кінцеві результати моделювання ефективності сонячної системи теплопостачання :

- Сумарна добова сонячна радіація на площину СК за місяцями функціонування колектора;
- Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора за місяцями функціонування;
- Кількість СК;
- Необхідна площа сприйняття сонячної радіації СК;
- Виробництво теплоти геліоколекторами протягом періоду функціонування.

3.2 Дослідження показників ефективності сонячної системи гарячого водопостачання

Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання (ССГВ) виконуємо виходячи із годинних сумм прямої і дифузної сонячної радіації, а також температури зовнішнього повітря [34].

Через низькі інтенсивності сонячного випромінювання у зимовий період і відсутність значних площ для встановлення геліоколекторів, у даній системі передбачено наявність дублера. В якості дублера використовується наявний у

котельні твердопаливний теплогенератор. У зв'язку із наявністю дублера розрахунок ССГВ виконуємо за даними періоду з найбільшою сумою сонячної радіації.

Для зменшення необхідних площ геліоколекторів орієнтуємо СК на південь, тому за [34], $P_A = 1$.

Місто Тульчин має такі географічні координати $48^{\circ}40'28''$ пн. ш. $28^{\circ}50'59''$ сх. д.

Оскільки плануємо роботу ССГВ у весняно-літньо-осінній період коефіцієнт відбиття (альbedo) поверхні, на якій розташовані СК $a = 0,2$ за умов відсутності снігового покриву.

Період роботи СК протягом доби приймаємо з 8 до 17 години, $i = 10$ [35].

За допомогою розробленої математичної моделі оцінено інтенсивність сонячної радіації, що надходить на СК за прийнятого спрямування, кут нахилу колектора до горизонту взято 35° , 50° та 65° . Суму всіх годинних значень (з 8 до 17 години) інтенсивності сонячної радіації для розрахункового періоду прийнято як сумарну добову сонячну радіацію $q_{\text{п}}^{\text{д}}$, що надходить на площину СК під різними кутами нахилу до горизонту. Оціночні значення $q_{\text{п}}^{\text{д}}$ показані на рис. 3.1

Із рис. 3.1 видно, що протягом березня – липня найбільш ефективний геліоколектор з кутом нахилу 35° до горизонту, протягом серпня – жовтня величина сумарної інтенсивності більша для колектора, нахиленого на 50° до горизонту. Величини $q_{\text{п}}^{\text{д}}$ протягом року змінюється $897 \dots 5214$ кВт·год/м². Враховуючи загальний ефект від встановлення ССГВ прийнято рішення розглядати можливість роботи системи протягом березня – жовтня.

Оцінено коефіцієнт корисної дії сонячного колектора встановленого на 35° , 50° та 65° до горизонту, результати наведені на рис. 3.2.

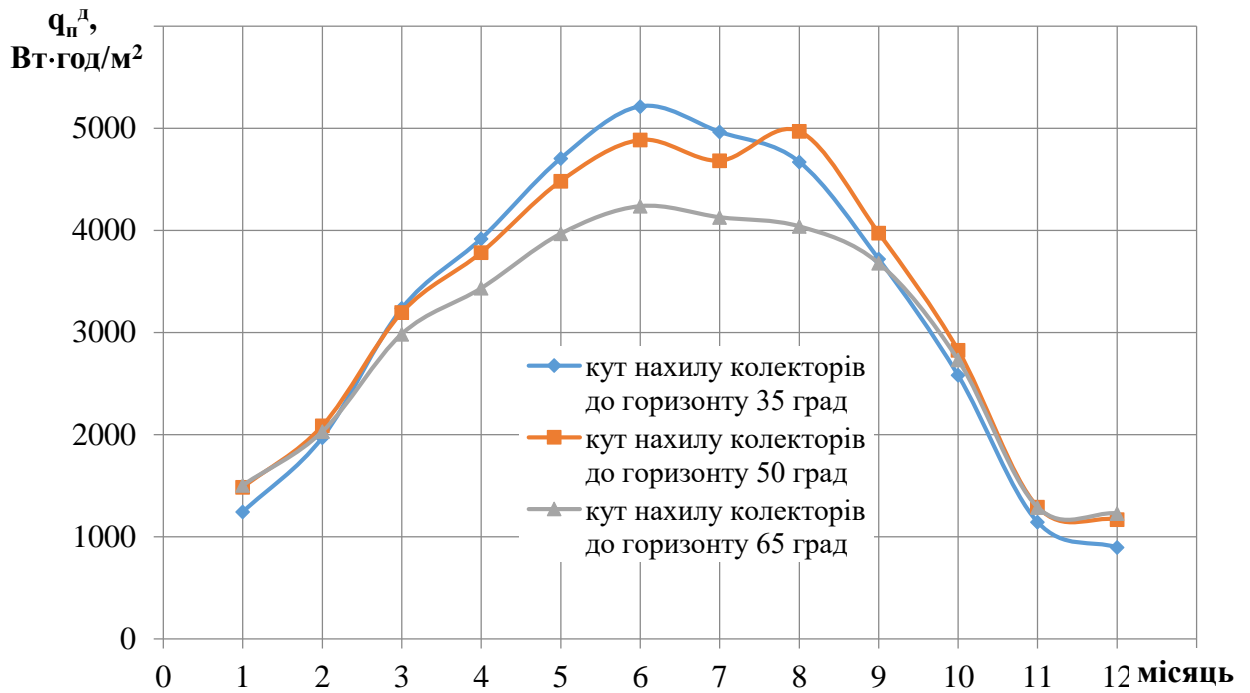


Рисунок 3.1 – Сумарна добова сонячна радіація $q_{п}^д$, що надходить на площину СК для різних місяців роботи ССГВ

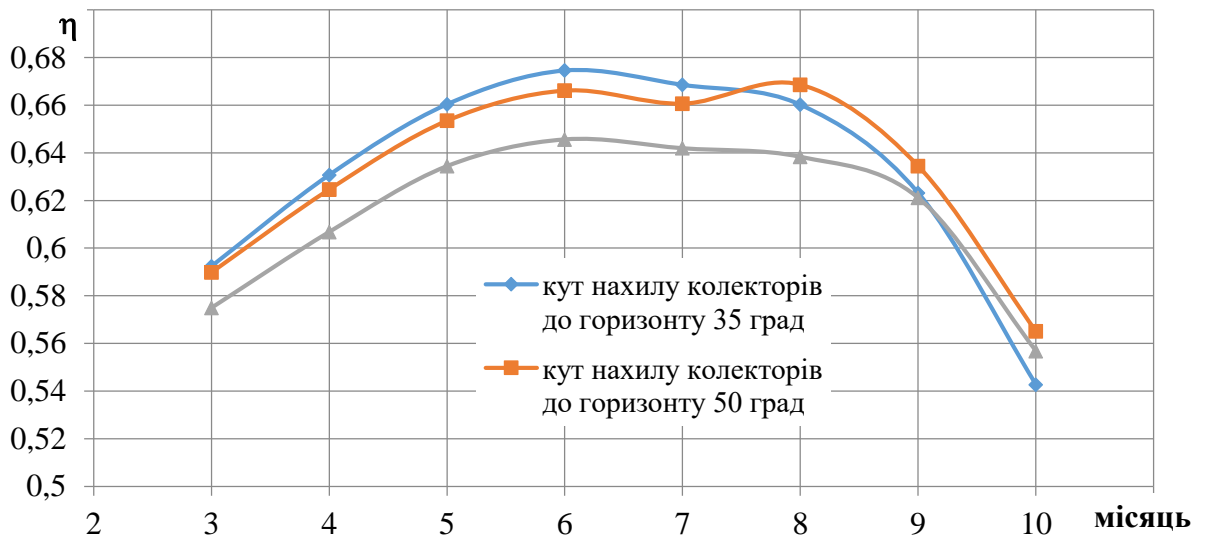


Рисунок 3.2 – Коефіцієнт корисної дії колектора залежно від місяця роботи колектора

Як видно з рис. 3.2 ефективність роботи геліоколектора у вказаному періоді роботи переважно вище з березня по липень для кута нахилу колектора

до горизонту у 35° . Тому в подальшому розглядатимемо варіант встановлення геліоколекторів для покриття потреб гарячого водопостачання під кутом 35 градусів до горизонту.

Згідно із початковими даними котельня мала відпускати 37900 л/добу гарячої води. Визначено необхідну площу сонцепоглиняльної поверхні системи сонячного гарячого водопостачання, результати наведено на рис. 3.3.

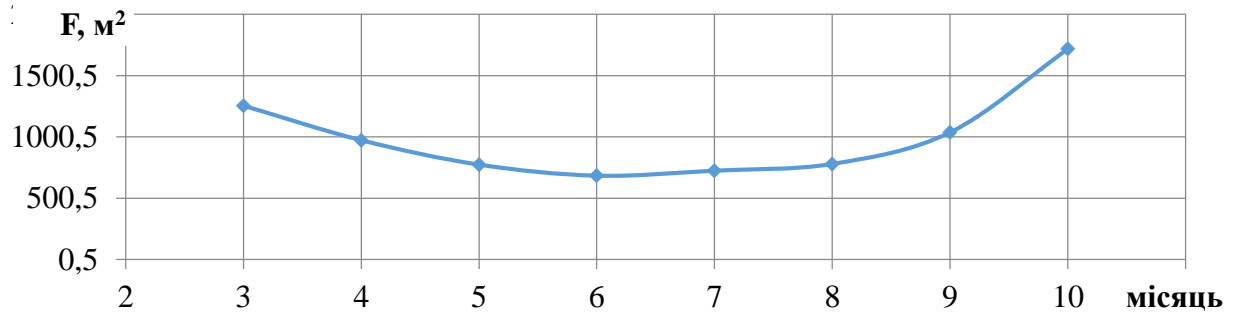


Рисунок 3.3 – Неохідна площа сонцепоглиняльної поверхні для повного покриття навантаження гарячого водопостачання залежно від місяця роботи колектора

3.3 Аналіз екологічних роботи водогрійної котельні

Екологічна оцінка виробництва теплоти котельнею вкрай важлива з кількох причин:

- Зменшення викидів шкідливих газів. Оцінка викидів різних газів, таких як діоксиди сірки та азоту, та парникових газів, таких як вуглекислий газ (CO_2), допомагає визначити ефективність та екологічність процесу. Кращі технології та палива можуть допомогти знизити ці викиди.

- Вплив на забруднення повітря. Деякі види твердого палива та відхідні гази з котлів можуть спричиняти забруднення повітря. Оцінка цього впливу важлива для забезпечення виробництва теплоти, яке не порушує стандарту якості повітря.

- Ефективність Використання Ресурсів. Оцінка використання ресурсів, таких як паливо та вода, допомагає визначити, наскільки ефективно котельня використовує ці ресурси, що може мати важливе значення для сталого розвитку.
- Використання Відновлювальних Джерел Енергії. Врахування використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітряна чи гідроенергія, допомагає зменшити вплив на довкілля та залежність від нестабільних джерел палива.
- Економічна Вигода. Зменшення витрат на енергію та ресурси часто взаємодіє з економічною вигодою. Більш ефективне та екологічно чисте виробництво теплоти може призвести до зниження витрат на паливо та управління, що є важливим економічним фактором.
- Здоров'я людей та екосистем. Екологічна оцінка допомагає врахувати вплив на здоров'я людей та екосистем. Забруднення повітря та води може мати серйозний вплив на здоров'я мешканців та екосистем.
- Відповідність регуляторним вимогам. Законодавство щодо викидів та стандарти якості повітря стають все більш суворими. Екологічна оцінка допомагає переконатися, що виробництво теплоти відповідає всім вимогам та стандартам.

Враховуючи ці аспекти, екологічна оцінка виробництва теплоти допомагає забезпечити стале та ефективне використання ресурсів, а також мінімізує вплив на довкілля та здоров'я людей.

SimaPro - це програмне забезпечення для проведення оцінки життєвого циклу (LCA) та аналізу екологічного впливу. Воно дозволяє користувачам моделювати та оцінювати вплив продуктів та процесів на навколишнє середовище на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

Програмний продукт SimaPro має широкий вибір методів оцінки впливу, велику бібліотеку аних, а також можете моделювати різні сценарії для аналізу впливу різних параметрів на результати LCA. Це може включати зміни в технологіях виробництва, використання відновлювальних джерел енергії, альтернативні матеріали тощо.

Оскільки вплив на довкілля є важливим фактором під час вибору того чи іншого методу отримання теплоти для потреб теплопостачання, нами проведено аналіз впливу різних видів палива протягом життєвого циклу за допомогою SimaPro 9.4.0.2. За допомогою цього методу проаналізовані такі можливі джерела теплоти : природний газ, брикети із бурого вугілля, тріска деревини твердих порід та електрокотли.

Оцінка впливу методів отримання теплоти на екосистему (Ecosystems), показано на рис. 3.4.

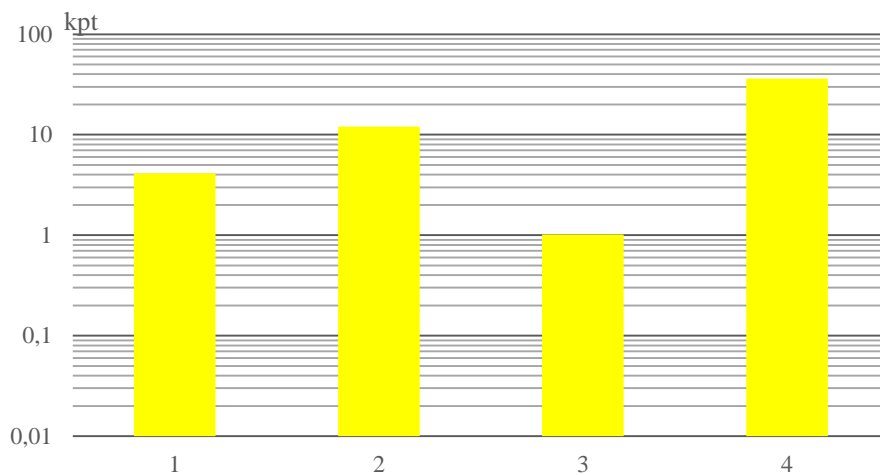


Рисунок 3.4 – Вплив на різних джерел теплоти на екосистему протягом життєвого циклу у екобалах (pt) : 1 – природний газ; 2 – брикети із бурого вугілля; 3 – тріски з деревини твердих сортів; 4 – електрокотельня

З рис. 3.4 видно, що найбільший вплив на екосистему має виробництво теплоти за допомогою електрокотлів, а найменший – за допомогою котлів на трісці з деревини твердих порід.

За допомогою SimaPro 9.4.0.2 оцінено вплив вказаних джерел теплоти на вичерпання ресурсів, результати оцінки показано на рис. 3.5.

Результати оцінки впливу на здоров'я людини (Human Health) вказаних джерел теплоти представлені на рис. 3.6.

Проаналізувавши представлені результати із рис. 3.5 та рис. 3.6 можна зробити висновок, що вплив на вичерпання ресурсів і на здоров'я людини має

таку ж тенденцію як і вплив на екосистему. Логічно, що загальний вплив різних джерел теплоти протягом життєвого циклу буде таким самим: найбільший вплив створює електрокотельня, а найменший вплив – котельня на трісці деревини із твердих сортів.

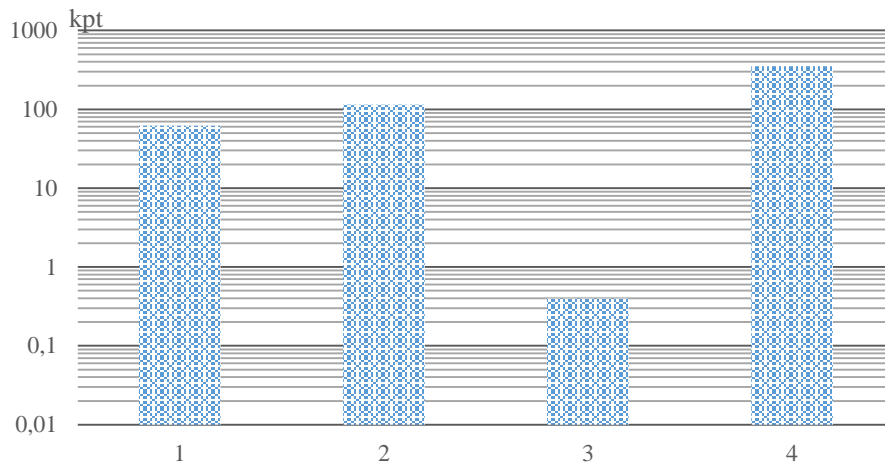


Рисунок 3.5 – Вплив на різних джерел теплоти на вичерпання ресурсів протягом життєвого циклу у екобалах (pt) : 1 – природний газ; 2 – брикети із бурого вугілля; 3 – тріски з деревини твердих сортів; 4 – електрокотельня

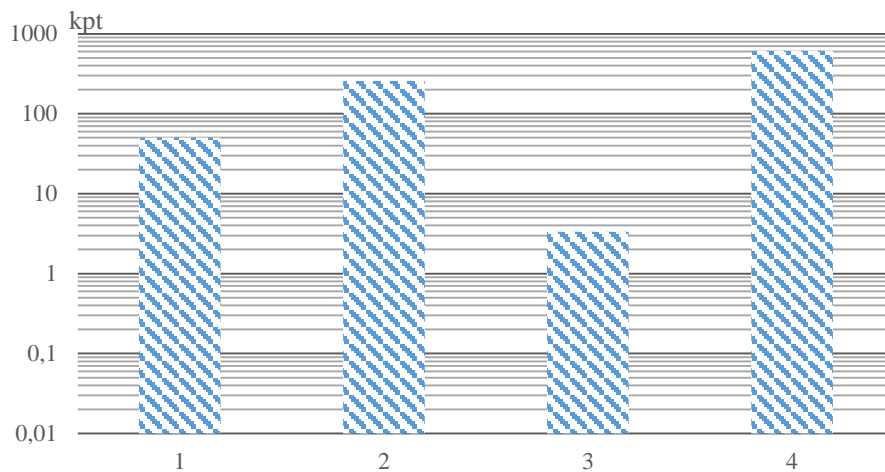


Рисунок 3.6 – Вплив на різних джерел теплоти на здоров'я людини протягом життєвого циклу у екобалах (pt) : 1 – природний газ; 2 – брикети із бурого вугілля; 3 – тріски з деревини твердих сортів; 4 – електрокотельня

3.4 Обґрунтування вибору обладнання сонячної системи гарячого водопостачання

Користуючись будівельними кресленнями котельні виявлено, що площа, яку можна використати для встановлення СК складає близько 150 м².

Для збирання теплоти Сонця обираємо геліоколектори Vaillant autoTHERM VFK 145/2V [38] у кількості 64 шт. з нормативним ккд $\eta_0 = 79,1\%$, загальна площа сприйняття сонячної радіації складе 150,4 м².

Циркуляція теплоносія у контурі ССГВ забезпечуватиметься двома насосними групами autoFLOW VMS 70 (виробник Vaillant), що мають мають споживання електроенергії 130 Вт кожна [38].

Акумуляція теплоти забезпечуватиметься за допомогою семи ємнісних бівалентних нагрівачів autoSTOR VIN S 1500, що мають по два теплообмінника площею 3 м² кожен і можливість підключення електротену.

Річний відпуск теплоти на гаряче водопостачання котельнею

$$Q_{\text{річ}}^{\text{ГВП}} = 37900 \cdot (60 - 5) \cdot 4,19 \cdot 365 = 3187,93 \text{ (ГДж)}.$$

Річне виробництво теплоти геліоколекторами

$$Q_{\text{річ}}^{\text{геліо}} = (0,638 \cdot 4106,3 \cdot 30 \cdot 150,4 + 0,669 \cdot 5015,8 \cdot 31 \cdot 150,4 + 0,681 \cdot 5496,5 \cdot 30 \cdot 150,4 + 0,673 \cdot 5141,1 \cdot 31 \cdot 150,4 + 0,665 \cdot 4821,1 \cdot 31 \cdot 150,4 + 0,633 \cdot 3941 \cdot 30 \cdot 150,4 + 0,556 \cdot 2725,7 \cdot 31 \cdot 150,4 + 0,335 \cdot 1443 \cdot 30 \cdot 150,4) \cdot 3600 = 377,81 \text{ (ГДж)}.$$

Аналізуючи наведені результати видно, що за допомогою ССГВ можна заощадити 377,81 ГДж теплоти за рік, що складає 11,85% від загального відпуску теплоти на ГВП.

Економія умовного палива від впровадження ССГВ складе

$$\Delta B_y^{\text{річ}} = 377810,3 / (29,3 \cdot 0,81) = 15919,2 \text{ (кг/рік)}.$$

Отже, економія умовного палива за рахунок впровадження геліоустановок складає 15,92 т/рік, що відповідає 2,18% загальної витрати умовного палива на котельні.

Порівняємо покриття навантаження гарячого водопостачання ССГВ та загальне соживання теплоти системою ГВП протягом року (рис. 3.7).

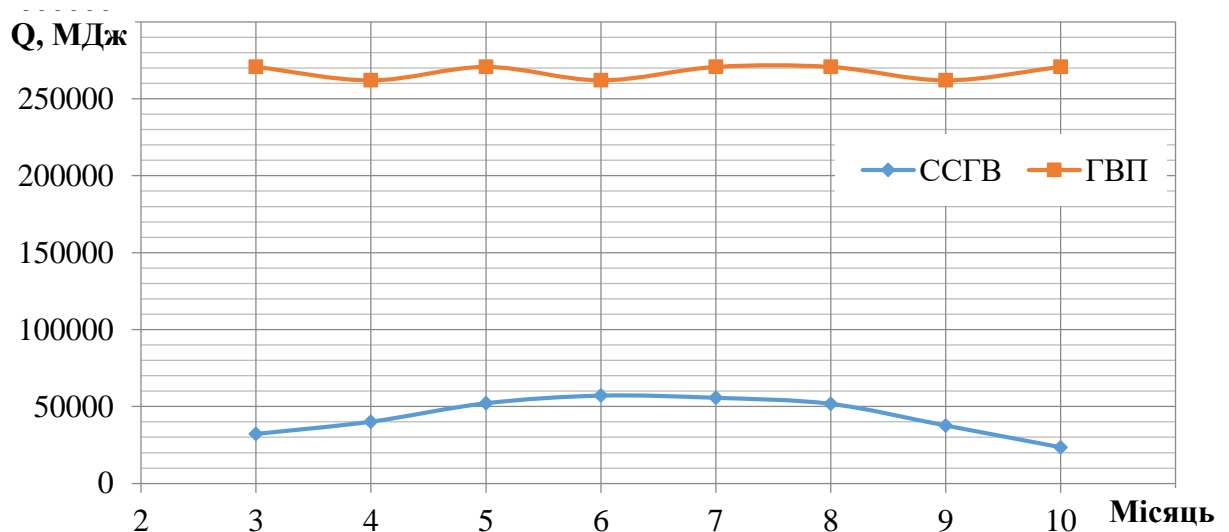


Рисунок 3.7 – Порівняння виробництва теплоти сонячною системою гарячого водопостачання (ССГВ) та теплоти, відпущеної на ГВП протягом терміну роботи ССГВ

Із рис. 3.7 видно, що виробництво теплоти протягом терміну роботи ССГВ значно змінюється, порівнявши встановлено найбільше виробництво теплоти у червні і найменше – у жовтні.

Частка покриття ССГВ потреб системи гарячого водопостачання Ψ протягом терміну роботи показано на рис. 3.8.

Як видно із рис. 3.8 частка покриття навантаження ГВС сонячною системою гарячого водопостачання межить у межах 8,7...21,8 %, тобто збільшується у 2,5 рази із жовтня до червня.

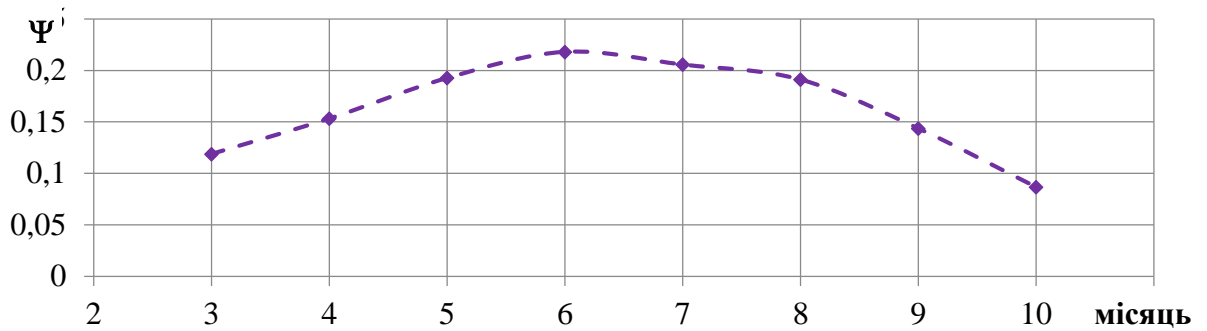


Рисунок 3.8 – Частка покриття Ψ сонячною системою гарячого водопостачання потреб системи ГВП протягом березня – жовтня

3.5 Висновок до розділу 3

З метою оцінювання ефективності роботи водогрійної котельні з геліоустановкою для гарячого водопостачання розроблена математична модель. За допомогою даної математичної моделі встановлено найбільш ефективний протягом року кут встановлення СК до горизонту, що складає 35° , оцінено коефіцієнт корисної дії сонячного колектора, який з жовтня по березень (що є орієнтовно опалювальним періодом) є низьким, тому в подальшому оцінюється робота ССГВ з березня по жовтень. Отже, економія умовного палива за рахунок впровадження геліоустановок складає 15,92 т/рік, частка покриття навантаження котельні за рахунок встановлення ССГВ у цей період складає 8,7...21,8%.

Екологічна оцінка роботи котельні на різних видах палива за допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2 показала, що найменший вплив протягом життєвого циклу чинить варіант спалювання тріски деревини із твердих порід на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини, а виробництво теплоти із електроенергії чинить найбільший вплив на довкілля.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологія монтажу теплогенерувального обладнання на твердопаливній водогрійній котельні

4.1.1 Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу

В даному розділі розробляється технологія монтажу теплоенергетичного обладнання твердопаливної водогрійної котельні потужністю 900 кВт у м. Тульчин. Котельня працює на альтернативному виді палива – трісці деревини. В котельні встановлено 3 твердопаливних теплогенератори Ретра-3М з номінальною потужністю 350 кВт, мембранні розширювальні баки, мережні насоси та розподільчі гребінки прямого та зворотного трубопроводів.

Теплогенератор Ретра-3М виконаний вигляді герметично звареного теплообмінника до складу якого входить: камера згорання (топка), конвективно-контактні сталеві поверхні теплообміну (прямі перегородки), димохід з поворотним шибером, та люки для обслуговування котла. Теплообмінник представляє собою герметично зварену водяну сорочку, яка охолоджується водою. Процес спалювання палива проходить на колосникових трубах. Підключення котла до системи тепlopостачання, здійснюється за допомогою патрубків подачі, який розміщений на верхній стінці котла, та патрубків звороту, який розміщений на задній стінці котла. Також на задній стінці котла розміщений зливний патрубок з шаровим краном. Запобіжний клапан, який спрацьовує при перевищенні тиску в котлі монтується на патрубок, який розміщений на верхній стінці котла, також на верхній стінці котла розміщений патрубок для встановлення манометра, з краном під манометр. Простір між теплообмінником котла та декоративним кожухом заповнений негорючим теплоізоляційним матеріалом – мінеральною ватою.

Габаритні розміри теплогенератора : 2880x1400x2000 мм.

Для забезпечення теплогенератора паливом передбачено бункер живильний БЩ-2,0 на кожен котел. Місткість бункера складає 2 м³. Бункер передбачено для транспортування матеріалу фракцією 40x20x10 мм з вологістю не

більше 40%. Розміри котла з бункером: 2880x1400x2000 мм. Споживана потужність (для роботи шнека) 1,1 кВт.

Компенсування теплових деформацій в системі виконують два розширювальних баки Zilmet CAL-PRO 400, що мають характеристики: приєднання – різьбове $\frac{3}{4}$, діаметр 630 мм, висота 1450 мм, маса 62 кг.

Циркуляція мережної води через теплогенератор здійснюється за допомогою трьох мережних насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10, що мають наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN40, подача 16,07 м³/год, напір 5,04 м вод. ст., монтажна довжина 320 мм, номінальна потужність 370 Вт.

Для забезпечення циркуляції в системі опалення встановлено насос Wilo TOP-S 50/7, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN50, максимальна подача 28 м³/год, максимальний гідростатичний напір 7 м вод. ст., монтажна довжина 280 мм.

Для забезпечення циркуляції в системі вентиляції встановлено насос Wilo TOP-S 40/7, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN40, максимальна подача 16,5 м³/год, максимальний гідростатичний напір 7 м вод. ст., монтажна довжина 250 мм.

Для забезпечення циркуляції через теплообмінники гарячого водопостачання встановлено насос Wilo TOP-S 65/7, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN65, максимальна подача 32 м³/год, максимальний гідростатичний напір 7 м вод. ст., монтажна довжина 280 мм, максимальна потужність 690 Вт.

В даному проекті накладання теплової ізоляції на трубопроводах не передбачено планом робіт.

4.1.2 Складання комплектувальних відомостей основних та допоміжних матеріалів та виробів

Підбір основного обладнання та допоміжних матеріалів для монтажу теплогенерувального обладнання для твердопаливної водогрійної котельні потужністю 900 кВт у м. Тульчин наведено у таблицях 4.1 та 4.2 [39, 40].

Таблиця 4.1 – Основні матеріали для монтажу

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса оди-ниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
1	Теплогенератор Ретра-3М з номінальною потужністю 350 кВт	шт	3	2500	7500
2	Бункер живильний БЩ-2,0	шт	3	700	2100
3	Розширювальний бак Zilmet CAL-PRO 400	шт	2	62	124
4	Насос Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10		3	23,1	69,3
5	Насос Wilo TOP-S 50/7	шт	1	16,6	16,6
6	Насос Wilo TOP-S 40/7	шт	1	11	11
7	Насос Wilo TOP-S 65/7	шт	1	18,5	18,5
8	Гребінка подавальної мережної води Ду= 125, L= 1500мм	шт	2	19,05	38,1
9	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ду 100	м	16	10,2	163,2
10	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ду 80	м	4,8	7,3	35,04
11	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ду 65	м	18,6	5,4	100,44
12	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ду 40	м	2,3	2,6	5,98
13	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ду 20		5,3	1,5	7,95
14	Клапан запобіжний SM120-11/4A DN50 PN16	шт	1	21	21
15	Кран кульковий фланцевий Ду40	шт	4	2	8
16	Затвор дисковий поворотний міжфланцевий Ду80	шт	7	4,15	29,05

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
17	Кран кульковий різбовий Ду20	шт	1	0,9	0,9
18	Затвор дисковий поворотний міжфланцевий Ду100		2	5,75	11,5
19	Затвор дисковий поворотний міжфланцевий Ду65		6	3,6	21,6
20	Зворотній клапан Ду 80	шт	2	10,8	21,6
21	Зворотній клапан Ду 65	шт	3	8,7	26,1
22	Клапан зворотний поворотний різбовий Ду 40		1	1,16	1,16
23	Фільтр сітчастий фланцевий Ду 80	шт	1	18,2	18,2
24	Фільтр осадовий різбовий Ду 40		1	1,01	1,01
25	Перехід концентричний 80/65		2	0,51	1,02
26	Перехід концентричний 80/50		2	0,455	0,91
27	Перехід концентричний 80/40		6	0,56	3,36
28	Манометр технічний		2	0,27	0,54
29	Термометр біметалевий трубчастий		2	0,13	0,26
Загальна маса матеріалів					10356,26

Таблиця 4.2 – Потреба у допоміжних матеріалах

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Для монтажу бункерів живильних (зернопереробка) на 1 шт до 1000 кг					
1	Азбестовий картон загального призначення, товщина 4 та 6 мм	т	3	0,001	3
2	Картон будівельний прокладочний, марка А	т	3	0,001	3
3	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	3	0,003	9
Для монтажу теплогенераторів (зб 15)					
4	Фарба земляна густотерта олійна, му-мія, сурик залізний	т	3	0,00008	0,24

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6
5	Масло індустрієне И-20А	т	3	0,00005	0,155
6	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	3	0,00134	4,02
7	Оліфа натуральна	кг	3	0,04	0,12
8	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	3	0,27	0,81
9	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	3	0,00884	26,52
10	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 100 мм	шт	2x3	3,96	23,76
11	Вода	м ³	3	2,5	7486,5
12	Очіс льняний	т	3	0,00004	0,12
13	Пароніт	т	3	0,00031	0,93
14	Перехід концентричний 100/65	шт.	6	0,84	5,04
Для монтажу розширювальних баків Zilmet CAL-PRO 400					
15	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00008	0,16
16	Оліфа натуральна	кг	2	0,04	0,08
17	Вода	м ³	2	0,31	618,9
18	Очіс льняний	т	2	0,00004	0,08
Для монтажу гребінок (зб 15)					
19	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00001	0,02
20	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00018	0,36
21	Оліфа натуральна	кг	2	0,02	0,04
22	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
23	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	2	0,005	18
Для монтажу насосів (зб 15)					
24	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	6	0,00039	2,34
25	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	6	0,07	0,42

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6
26	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою	т	6	0,0022	13,2
27	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	6	0,00127	7,62
28	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	6	0,014	151,2
Для монтажу трубопроводів (технолог трубопроводи)100,80,65,40					
29	Електроди, діаметр 4 мм, Марка Є55	т	0,163 0,035 0,1004	0,005	1,492
30	Дріт зварний легований, діаметр 2 мм	т	0,006	0,0023	0,014
31	Кола армовані абразивні зачисні, діаметром 180х6мм		0,39	0,345	0,345
32	Пароніт	т	0,163 0,035 0,1004 0,006	0,003 0,003 0,005 0,01	1,156
Для прокладання трубопроводів Ду20 із встановленням муфтової арматури (збірник 15)					
33	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,053	0,00012	0,006
34	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,053	0,0009	0,048
35	Оліфа натуральна	кг	0,053	0,06	0,003
36	Очіс льняний	т	0,053	0,00006	0,003
37	Вода	м ³	0,053	0,44	23,28
для монтажу термометрів [41]					
38	Масло індустріальне И-20А	т	2	0,00011	0,22
39	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
40	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
41	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00001	0,02
для монтажу манометрів [41]					
42	Пароніт	т	2	0,00004	0,08
43	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
44	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
45	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00001	0,02

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
46	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	2	0,00016	0,32
для гідравлічного випробування трубопроводів [42]					
47	Оліфа натуральна	кг	0,076 0,394	0,02	0,009
48	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	0,076 0,394	0,00005	0,024
49	Очіс льняний	т	0,076 0,394	0,00002	0,009
50	Вода	м ³	0,076 0,394	13,8	1570,4
Для монтажу фланцевих зворотних клапанів, засувок типу «Баттерфляй» та 3-ходових клапанів [42]					
51	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	5 20	0,00037 0,00054	12,65
52	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	5 20	0,0011 0,00207	46,9
53	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	1000 шт.	5*0,002	18	0,18
54	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 100 мм	1000 шт.	20*0,002	37	1,48
55	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], Ду 80	шт.	18	3,19	57,42
56	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], Ду 65	шт.	18	2,8	50,4
57	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], Ду 40	шт.	8	1,71	13,68
58	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], Ду 100	шт.	4	3,96	15,84
					472,65

Загальна маса основного обладнання та допоміжних матеріалів
 $M_o = 10356,26$ кг та $M_d = 472,65$ кг відповідно.

Загальна маса для доставки становить:

$$\sum M_3 = 10356,26 + 472,65 + 39,25 = 10868,16 \text{ кг.}$$

4.1.3 Визначення складу робіт для монтажу обладнання з очищення димових газів

1. Доставка теплогенерувального та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування.
2. Розмічування місць прокладання трубопроводів обв'язки теплогенерувального обладнання.
3. Монтаж теплогенераторів Ретра-3М 350 кВт.
4. Монтаж бункерів живильних БЩ-2,0.
5. Монтаж розширювальних баків Zilmet CAL-PRO 400.
6. Монтаж розподільчих гребінок діаметром 133x4 мм, довжиною 1,5 м.
7. Прокладання трубопроводів Ду 100.
8. Встановлення затворів дискових поворотних Ду 100.
9. Прокладання трубопроводів Ду 80.
10. Встановлення насосів Wilo TOP-S 50/7 та Wilo TOP-S 65/7.
11. Встановлення арматури Ду 80: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани.
12. Встановлення фільтру сітчастого фланцевого Ду 80.
13. Прокладання трубопроводів Ду 65.
14. Встановлення насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10.
15. Встановлення арматури Ду 65: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани.
16. Прокладання трубопроводів Ду 40.
17. Встановлення кранів кулькових фланцевих Ду 40 та запобіжного клапану Ду 50.

18. Прокладання трубопроводів Ду 20 із встановленням муфтової арматури.
19. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.
20. Гідравлічне випробування трубопроводів.
21. Робоча перевірка системи в цілому.
22. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
23. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.1.4 Визначення об'ємів робіт для монтажу обладнання з очищення димових газів

1. Доставка теплогенерувального та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання – т. Загальна вага усього обладнання, трубопроводів та арматури складає 10868,16 кг. Приймаємо об'єм $V=10,87$.

2. Розмічування місць прокладання трубопроводів обв'язки теплогенерувального обладнання. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів усіх типорозмірів складає $L=50$ м. Приймаємо $V = 0,5$.

3. Монтаж теплогенераторів Ретра-3М 350 кВт. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 3 теплогенератори. Приймаємо $V=3$.

4. Монтаж бункерів живильних БЩ-2,0. Одиниці вимірювання – шт. В приміщенні котельні встановлюється 3 живильних бункери. Приймаємо $V=3$.

5. Монтаж розширювальних баків Zilmet CAL-PRO 400. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 2 розширювальних баки місткістю 400 л. Приймаємо $V=2$.

6. Монтаж розполідьчих гребінок діаметром 133x4 мм, довжиною 1,5 м.

Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється дві розподільчі гребінки. Приймаємо $V=2$.

7. Прокладання трубопроводів Ду 100. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру складає 163,2 кг. Приймаємо $V=0,163$.

8. Встановлення затворів дискових поворотних Ду 100. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 2 затвори. Приймаємо $V=2$.

9. Прокладання трубопроводів Ду 80. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру складає 35,04 кг. Приймаємо $V=0,035$.

10. Встановлення насосів Wilo TOP-S 50/7 та Wilo TOP-S 65/7. Одиниці вимірювання – шт. Встановлюється по одному насосу вказаних марок. Приймаємо $V=2$.

11. Встановлення арматури Ду80: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 7 затворів та 2 зворотних клапани вказаного типорозміру. Приймаємо $V=9$.

12. Встановлення фільтру сітчастого фланцевого Ду 80. Одиниці вимірювання – шт. Встановлюємо 1 механічний фільтр. Отже, приймаємо $V=1$.

13. Прокладання трубопроводів Ду 65. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру складає 100,44 кг. Приймаємо $V=0,1004$.

14. Встановлення насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10. Одиниці вимірювання – шт. Встановлюється три насоси вказаних марок. Приймаємо $V=3$

15. Встановлення арматури Ду65: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 6 затворів та 3 зворотних клапани вказаного типорозміру. Приймаємо $V=9$.

16. Прокладання трубопроводів Ду 40. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру складає 5,98 кг. Приймаємо $V=0,006$.

17. Встановлення кранів кулькових фланцевих Ду 40 та запобіжного клапану Ду 50. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 4 крани та 1 запобіжний клапан. Приймаємо $V=5$.

18. Прокладання трубопроводів Ду 20 із встановленням муфтової арматури. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 5,3 м. Приймаємо $V=0,0053$.

19. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниця вимірювання – шт. На кожен розподільчу гребінку встановлюється 1 термометр і 1 манометр. Приймаємо $V=4$.

20. Гідравлічне випробування трубопровода. Одиниця вимірювання 100м. Загальна довжина складає $L=47$ м. Приймаємо $V = 0,47$.

21. Робоча перевірка системи в цілому. Одиниця вимірювання 100м. Загальна довжина складає $L=47$ м. Приймаємо $V = 0,47$.

22. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниця вимірювання 100м. Загальна довжина складає $L=47$ м. Приймаємо $V = 0,47$.

23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Маса інструментів та обладнання 39,25 кг Приймаємо $V = 0,04$.

4.1.5 Обґрунтування і вибір допоміжного обладнання для монтажних робіт

Теплогенерувальне та допоміжне обладнання та трубопроводи на котельню завозяться централізовано автомобілем вантажним спеціалізованим з краном-маніпулятором КрАЗ-65053, який також буде використаний для підйомно-транспортних робіт. Доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за 1 раз. Технічні характеристики автомобіля наведені в таблиці 4.3

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний напівавтомат інвертор Тех.АС ТА-00-022, технічні характеристики, якого наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомобіля вантажного спеціалізованого з краном-маніпулятором КрА3-65053 [43].

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	12300
Вантажопідйомність крану	кг	1350 – 3300
Максимальний виліт стріли	м	6
Максимальна швидкість	км/год	90
Витрата палива	л/100 км (л/маш.-год)	57 (8,8)

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика зварювального апарату для ручного дугового зварювання Тех.АС ТА-00-022 [44].

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Напруга живлення	В	220
Сила струму	А	40 – 220
Діаметр зварювального елемента	мм	1-5
Номінальна споживана потужність	кВт	6,8
Коефіцієнт корисної дії	%	70
Тривалість завантаження	%	60
Маса	кг	12

Для зачищення деталей використовуємо кутову шліфувальну машину BOSH GWS 24-230 P PROFESSIONAL. Технічні характеристики наведено в табл.4.5

Таблиця 4.5 – Технічна характеристика кутової шліф. машини BOSH GWS 24-230 P PROFESSIONAL [45].

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Частота обертання холостого ходу	об/хв	8500
Діаметр кола	мм	180
Потужність	Вт	2400
Маса	кг	5,7

Для виконання монтажних робіт використовуємо набір інструментів табл.4.6.

Таблиця 4.6 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній М17х19мм, М19х22 мм	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	6	1,6
Викрутки	6	0,31
Молоток слюсарний	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 0,2 м	6	2,1
Стрічка вимірвальна, 20 м	6	0,12
Молоток гумовий	6	1,9
Висок	2	0,2
Ящик переносний для інструменту	12	3,2
Разом:		11,75

Випробування трубопроводів та системи в цілому виконуємо за допомогою електричного пресувальника AQUA WORD DSY-60, характеристики якого наведені у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики пресувальника електричного AQUA WORD DSY-60 [46]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність	л/хв	3
Робочий тиск	бар	60
Потужність	Вт	250
Напруга живлення	В	220 – 240
Маса	кг	11,5

Загальна маса допоміжного обладнання складає 39,25 кг.

4.1.6 Витрати паливних та енергетичних ресурсів

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 25 (км);
- кількість ходок $n=1$;
- витрата пального $Q=57$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки обладнання

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

$$Q_{\text{т}} = 57/100 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 25 = 28,5 \text{ л.}$$

Тривалість роботи манулятора на базі КрАЗ-65053

$$\tau = 3 \cdot 1,39 + 3 \cdot 0,9 + 0,06 \cdot 2 = 6,99 \text{ (год).}$$

Необхідна кількість палива для вантажних робіт

$$Q_{\text{в}} = 8,8 \cdot 6,99 = 61,51 \text{ (л).}$$

Загальна кількість пального для автомобіля КрАЗ-65053

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{т}}, \quad (4.2)$$

$$Q_{\Sigma} = 61,51 + 28,5 = 90,01 \text{ (л).}$$

Витрати електроенергії на роботи електроприладів

$$N = P \cdot \tau \quad (4.3)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

Тривалість роботи зварювального апарату

$$\tau = 3 \cdot 2,84 + 0,053 \cdot 11,21 + 0,006 \cdot 80 + 0,1004 \cdot 35,5 + 0,035 \cdot 30,1 + 0,163 \cdot 23,3 + 0,85 \cdot 6 + 2 \cdot 0,51 + 25 \cdot 0,89 + 0,7 \cdot 1 = 50,72 \text{ (год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального апарату Тех.АС ТА-00-022

$$N = 6,8 \cdot 50,72 = 344,9 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи кутової шліф машину

$$\tau = 0,053 \cdot 0,63 + 0,006 \cdot 5,2 + 0,1004 \cdot 3 + 0,035 \cdot 2,5 + 0,163 \cdot 2 = 0,78 \text{ (год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу кутової шліфувальної машину BOSH GWS 24-230 P PROFESSIONAL

$$N = 2,4 \cdot 0,78 = 1,87 \text{ (кВт год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи пресувальника електричного AQUA WORD DSY-60

$$E_{\text{он}} = 0,25 \cdot 1,36 = 0,34 \text{ (кВт·год)}.$$

Загальні затрати електроенергії для роботи електроінструменту

$$E_{\Sigma} = E_{\text{звар}} + E_{\text{шм}} + E_{\text{он}}. \quad (4.4)$$

$$E_{\Sigma} = 344,9 + 1,87 + 0,34 = 347,11 \text{ (кВт·год)}.$$

4.1.7 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість виконання робіт із монтажу теплогенераторів, паливних бункерів, насосів і комунікацій визначається на підставі об'ємів робіт, розрахованих у розділі 4, п. 4.1.4 роботи.

Трудомісткість монтажних робіт [47]

$$Q = V \cdot H_{\text{ч}} / B, \text{ [люд} \cdot \text{дні]}, \quad (4.5)$$

де V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год [39 - 42];

B – кількість годин в зміні, год.

Передбачено, що монтажні роботи будуть виконуватись у одну зміну. Тривалість зміни приймається 8 годин, що не суперечить трудовому законодавству України.

Тривалість монтажних робіт [47]

$$T = Q / n, \text{ [дні]}, \quad (4.6)$$

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

n – кількість робітників, люд.

Кількість працівників монтажної ланти для певної роботи (n) та їх кваліфікація наведена у підрозділі 4.1.8 даної роботи.

Трудомісткість і тривалість монтажних робіт визначені за (4.2) та (4.3) наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка теплогенерувального та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування	т	10,87	3,1	4,21	2,1	2	водій та вантажник
2	Розмічування місць прокладання трубопроводів обв'язки теплогенерувального обладнання	100 м	0,5	1,6	0,1	0,05	2	Монтажник 6 р - 1, 3 р. - 1
3	Монтаж теплогенераторів Ретра-3М 350 кВт.	шт	3	112,78	42,29	7,05	6	6р -1 5р -1 4р -2 3р - 2
4	Монтаж бункерів живильних БЩ-2,0		3	56	21	3,5	6	6р-1 4р-2 3р-3
5	Монтаж розширювальних баків Zilmet CAL-PRO 400.	шт	2	6,84	1,71	0,855	2	Монтажники: 4р та 3 р
6	Монтаж розподільчих гребінок діаметром 133х4 мм, довжиною 1,5 м.	шт	2	12,94	3,24	1,08	3	Монтажники 5р-1,4р-1, 3р.-1

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Прокладання трубопроводів діаметром 100мм.	т	0,163	227,3	4,63	1,54	3	Монтажники 4р-2 3р-1
8	Встановлення затворів дискових поворотних Ду 100	шт	2	4,26	1,065	0,53	2	Монтажники 4р-1 3р-1
9	Прокладання трубопроводів діаметром 80мм.	т	0,035	264,4	1,16	0,39	3	Монтажники 4р-2, 3р.-1
10	Встановлення насосів Wilo TOP-S 50/7 та Wilo TOP-S 65/7	шт	2	24,52	6,13	3,06	2	Монтажники 5р-1 3р-1
11	Встановлення арматури Ду80: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани	шт	9	4,26	4,79	2,4	2	Монтажники 4р-1, 3р.-1
12	Встановлення фільтру сітчастого фланцевого Ду 80	шт	1	2,6	0,325	0,16	2	Монтажники 4р-1,3р-1
13	Прокладання трубопроводів діаметром 65мм.	т	0,1004	321,3	4,03	1,34	3	Монтажники 4р-2, 3р.-1
14	Встановлення насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10	шт	3	24,52	9,2	4,6	2	Монтажники 5р-1 3р-1

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Встановлення арматури Ду65: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани.	шт	9	4,26	4,79	2,4	2	Монтажники 4р-1,3р-1
16	Прокладання трубопроводів діаметром 40мм.	т	0,006	486	0,36	0,12	3	Монтажники 4р-2, 3р.-1
17	Встановлення кранів кулькових фланцевих Ду 40 та запобіжного клапану Ду 50	шт	5	2,41	1,5	0,75	2	Монтажники 4р-1,3р-1
18	Встановлення насосу Wilo TOP-S 40/7	шт	1	24,52	3,065	1,53	2	Монтажники 5р-1 3р-1
19	Прокладання трубопроводів діаметром Ду 20 із встановленням муфтової арматури	100 м	0,053	55,18	0,37	0,12	3	Монтажники 4р-2,3р-1
20	Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.	шт	4	0,59	0,3	0,15	2	Монтажники 4р-1,3р-1
21	Гідравлічне випробування трубопровода	100м	0,47	3,8	0,22	0,07	3	Монтажники 5р,4р,3р-1
22	Робоча перевірка системи в цілому	100м	0,47	2,5	0,15	0,05	3	Монтажники 6р,5р,4р-1
23	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100м	0,47	1,8	0,11	0,05	2	Монтажники 6р,5р-1
24	Повернення допоміжного обладнання на склад.	т	0,04	4,4	0,002	0,001	2	Водій та вантажник

4.1.8 Визначення складу ланок для виконання робіт з монтажу теплогенерувального обладнання

Склад ланок та середній розряд працівників для виконання монтажних робіт визначено згідно нормативних документів [39 – 42].

1. Доставка теплогенерувального та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування. Водій і вантажник.

2. Розмічування місць прокладання трубопроводів обв'язки теплогенерувального обладнання. Два монтажника 6 і 3 розрядів.

3. Монтаж теплогенераторів Ретра-3М 350 кВт. Шість монтажників: один 6 розряду, один 5 розряду, по два 4 та 3 розрядів

4. Монтаж бункерів живильних БЩ-2,0. Шість монтажників: один 6 розряду, один 5 розряду, по два 4 та 3 розрядів

5. Монтаж розширювальних баків Zilmet CAL-PRO 400. Два монтажника 4 і 3 р.

6. Монтаж розподільчих гребінок діаметром 133x4 мм, довжиною 1,5 м. Три монтажника: 5,4,3 розряду

7. Прокладання трубопроводів Ду 100. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.

8. Встановлення затворів дискових поворотних Ду 100. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

9. Прокладання трубопроводів Ду 80. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.

10. Встановлення насосів Wilo TOP-S 50/7 та Wilo TOP-S 65/7. Два монтажники 3 і 5 розрядів.

11. Встановлення арматури Ду 80: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

12. Встановлення фільтру сітчастого фланцевого Ду 80. Три монтажника: 5,4,3 р

13. Прокладання трубопроводів Ду 65. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.

14. Встановлення насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10. Два монтажники 3 і 5 розрядів.

15. Встановлення арматури Ду 65: затвори дискові поворотні міжфланцеві, зворотні клапани. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

16. Прокладання трубопроводів Ду 40. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.

17. Встановлення кранів кулькових фланцевих Ду 40 та запобіжного клапану Ду 50. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

18. Прокладання трубопроводів Ду 20 із встановленням муфтової арматури. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.

19. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

20. Гідравлічне випробування трубопроводів. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.

21. Робоча перевірка системи в цілому. Три монтажника: 6,5,4 розряд

22. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Два монтажника 6,5 розряд.

23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій та вантажник.

4.2 Система автоматизації водогрійної котельні

4.2.1 Характеристика технологічного обладнання

У водогрійній котельні, яка призначена для опалення та гарячого водопостачання, встановлені 3 твердопаливні котли Ретра 3М номінальною потужністю 350 кВт (рис. 1.1) та два ємкісних теплообмінники для забезпечення потреб гарячого водопостачання. Котли Ретра 3М можуть застосовуватися для централізованого опалення індивідуального житла і житлових комплексів, ад-

міністратичних, промислових і складських приміщень, шкіл магазинів, деревообробних цехів тощо. Паливо для котлів – брикети, торф, відходи деревообробки, вугілля, брикетована солома, брикети. Є можливість спляювати макулатуру та паливо з вологістю 60% і більше [25].

Твердопаливний котел Ретра 3М має трикамерну структуру. Перша камера – топка має великий об'єм, що дозволяє максимально подовжити період горіння одноразового завантаження котла, тому немає необхідності в постійному обслуговуванні котла. Друга камера призначена для передачі теплоти від продуктів згорання. Колосники котла обладнанні механічним розрихлювачем. Для інтенсифікації процесу горіння встановлені 3 вентилятори, які подають повітря через повітряні клапани по всьому об'єму топки. Система розподілення потоку повітря по всьому об'єму топки дає можливість забезпечити повне спалювання палива, максимальну тепловіддачу та суттєво продовжити тривалість процесу горіння. Корпус котла теплоізолюваний.

Котел виконаний вигляді герметично зварного теплообмінника. До складу котла входить: камера згорання (топка) 25, конвективно-контактні сталеві поверхні теплообміну (прямі перегородки 26), димохід 10 з поворотним шибером 11, люки для обслуговування котла (рис. 4.1). Теплообмінник – це герметично зварена водяна рубашка 19, яка охолоджується водою. Процес спалювання палива проходить на колосникових трубах 21. Завантаження палива в котел виконується через люк завантаження 1. Очищення колосникових решіток та шурування палива виконується через люк для шурування 2. Для очищення поверхонь теплообміну прямих перегородок передбачено верхній люк 6, який виконує функцію підривного клапана для видалення димових газів в аварійному випадку. Для видалення сажі і золи передбачено нижні бокові люки 4, які розміщені по обидві сторони котла. Підключення котла до системи тепlopостачання, здійснюється патрубком подачі 8, який розміщений на верхній стінці котла, та патрубка зворотної води 9, який розміщений на задній стінці котла. На задній стінці котла розміщений зливний патрубок з шаровим краном 17. Запобіжний клапан, який спрацьовує в разі перевищення тиску в

котлі, монтується на патрубок 18, що розміщений на верхній стінці котла. На верхній стінці котла розміщений патрубок для встановлення манометра 24 з краном під манометр 23. Простір між теплообмінником котла та кожухом заповнений негорючим теплоізоляційним матеріалом – мінеральною ватою 20.

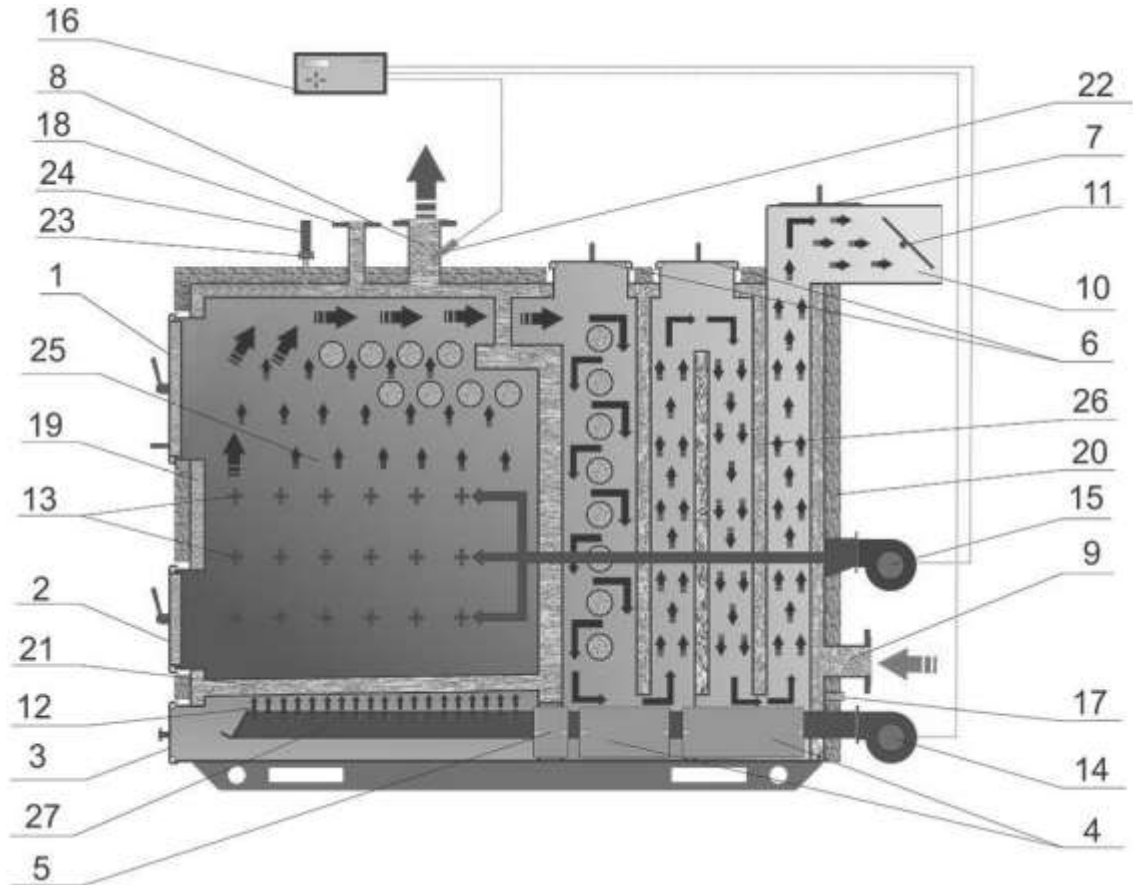


Рисунок 4.1 – Будова твердопаливного котла Ретра 3М

До складу основного обладнання входять також ємнісні теплообмінники (теплоаккумулятори). Теплоаккумулятори також називають буферними ємностями. Це ємність, яка входить до системи опалення і призначена для уकुмулювання надлишку виробленої теплоти. Теплоаккумулятор – металева ємність циліндричної форми значних розмірів і об'єму – до 3000 літрів. Буферна ємність в опалювальній системі дозволяє не тільки забезпечити безперебійну роботу, але і заощадити велику кількість палива.

4.2.2 Опис технологічного процесу

Вода із системи теплопостачання надходить в котел через патрубок зворотної мережної води 9 і розтікається по всіх внутрішніх порожнинах теплообмінника. Котлова вода через металеві стінки, відбирає теплоту від палива, що горить контактним і радіаційним способами в топці і від газоподібних продуктів згоряння конвективним способом в інших частинах теплообмінника. Нагріта вода через патрубок подачі котлової води 8 надходить в систему теплопостачання.

Під час спалювання твердого палива необхідно забезпечити: якісне попереднє перемішування палива з повітрям, ведення процесу з малими коефіцієнтами надлишку повітря, поділ потоку суміші на окремі струмені. Підігрівання паливоповітряної суміші та хімічна реакція горіння мають дуже швидкий перебіг. Основним фактором тривалості горіння є час, який витрачений на перемішування палива з повітрям. Від швидкості та якості перемішування палива і повітря залежать швидкість і повнота згоряння палива, довжина факела топки та температура. Якщо досягти співвідношення витрати повітря і витрати палива, то процес спалювання буде здійснюватися з максимальною економічністю. Подачу первинного повітря, в кількості, яка необхідна для якісного згоряння палива, забезпечує вентилятор 14, а вмикає і вимикає його пульт керування. Спочатку повітря, проходячи через розсікач первинного повітря 27, підігрітим, надходить по всій його довжині і рівномірно поступає до палива знизу по всій площі топки. Проходячи через шар палива первинне повітря забезпечує горіння палива по всьому його об'єму. Вторинне повітря подається в топку через форсунки 13, які розміщені в верхній та бокових стінках топки. Нагнітання повітря здійснюється вентилятором 15, а його кількість регулюється шибером. Вторинне повітря поступає в простір над паливом, що горить (зона полум'я) чим забезпечується догоряння продуктів неповного окислення палива, які утворюються під час піролізу палива. Оскільки вторинне повітря поступає в простір над паливом, останнє інтенсивніше вигорає зверху.

Роботою вентилятора 15 керує пульт керування, який контролює інтенсивність горіння палива і підтримує задану температуру котлової води. Верхнє нагнітання вторинного повітря забезпечує повне догорання палива і створює повторну циркуляцію димових газів в топці. Це дає можливість більш точно контролювати інтенсивність горіння палива, зменшити інертність в процесі регулювання температури в котлі і зменшити витрату палива.

4.2.3 Обґрунтування вибору величин, які регулюються. Схеми автоматичного регулювання

Система автоматичного регулювання котельні містить наступні контури:

- автоматичне регулювання температури води на виході з котла;
- автоматичне регулювання температури води на вході в котли;
- автоматичне регулювання температури води на виході з котельні відповідно до температури зовнішнього повітря;
- автоматичне регулювання температури води на виході з ємнісного теплообмінника.

АСР температури води на виході з котла

Об'єкт регулювання системи автоматичного керування – водогрійний котел, його вихідна величина, що підлягає регулюванню – температура води на виході з котла, яка змінюється залежно від зміни температури зовнішнього повітря, температури зворотної мережної води й витрати паливо-повітряної суміші. Витрата повітря, що подається в топку котла, визначає економічність процесу горіння та пов'язана з витратою палива, що подається. Збурюючими впливами є зміна зовнішньої температури повітря й температури зворотної мережної води [1].

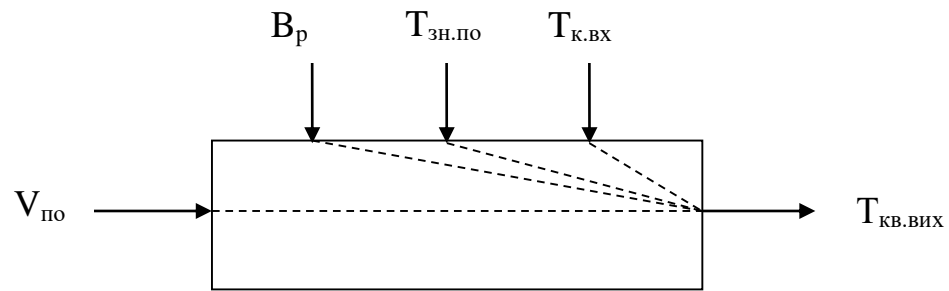


Рисунок 4.2 – Збурюючі впливи та регулюючі впливи на температуру води на виході з твердопаливного водогрійного котла

Конструкція котла передбачає електронну систему керування Ретра 3М (поз. 1), що базується на електронному регуляторі, який призначений для забезпечення постійної заданої температури теплоносія на виході з твердопаливного котла. Система керування призначена для регулювання процесом горіння палива і циркуляцією теплоносія шляхом обертів вентиляторів, які нагнітають повітря в топку котла і подачею живлення на циркуляційний насос.

АСР температури прямої мережної води відповідно до температури зовнішнього повітря

На функціональній схемі показана АСР регулювання температури теплоносія системи опалення відповідно до графіка якісного регулювання за температурою зовнішнього повітря $t_{\text{зн}}$. На об'єкт регулювання діють внутрішні збурення – коливання температури зовнішнього повітря і внутрішні збурення – коливання теплового навантаження системи опалення внаслідок роботи систем індивідуального регулювання опалювальних приладів. Основним показником теплових збурень є температура води на виході з опалювального контуру. Регулятор температури містить виконавчий пристрій, задаючий пристрій, датчик температури теплоносія, датчик температури зовнішнього повітря. Керуючий сигнал для виконавчого механізму формується ПІД регулятором контролера ТРМ 32 (поз. 2). Сигнал, що формується, залежить від величини і знаку неузгодження між поточною температурою води в систему опалення,

яка контролюється датчиком (поз. 8) і заданою температурою, яка формується задаючим пристроєм. Виконавчий пристрій складається із відповідних один одному за своїми характеристиками триходового змішувального клапана і електричного привода.

АСР температури води на вході в котел

Для зменшення інтенсивності корозії труб водогрійного котла необхідно підтримувати температуру води на вході в котел вищою за температуру точки роси відхідних газів. Мінімально допустима температура води на вході в котли під час роботи на твердому паливі становить 55 °С. Для забезпечення необхідної температури води на вході в котел 55 град. необхідно подавати деяку кількість води, яка вийшла з водогрійних котлів, знову на вхід для змішування з водою зі зворотного трубопроводу і підживлюваною водою. Забезпечення потрібної температури води на вході в котел забезпечує наявність в котельні лінії рециркуляції, якою перекачують воду з виходу котла на його вхід рециркуляційним насосом К11. Перед рециркуляційним насосом встановлений триходовий змішувальний клапан з електроприводом та виносним датчиком температури (поз. 3), який вимірює (перетворює) температуру води на вході в котел. Сигнал з датчика поступає на виконавчий механізм, який приводить в дію змішувальний клапан. Функціональна схема показана на рис. 2.2.

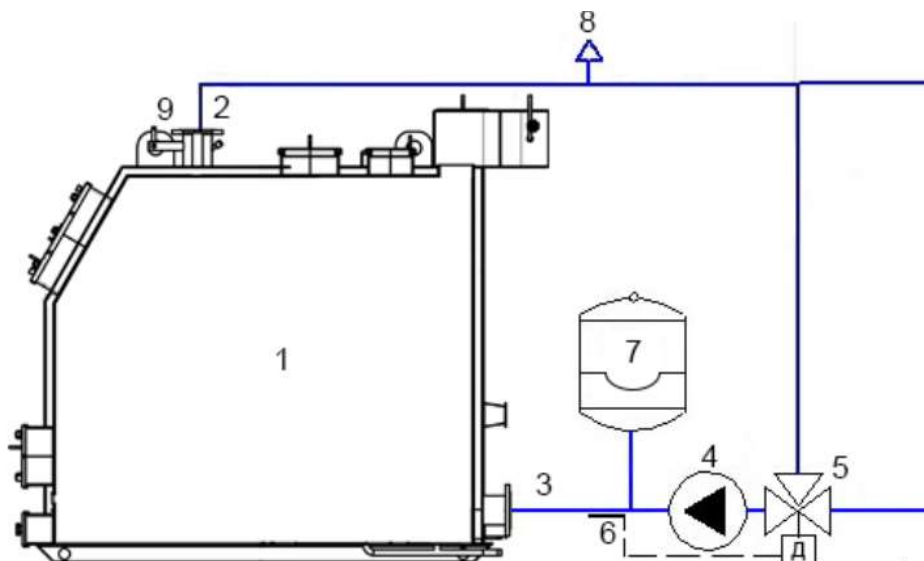


Рисунок 4.3 – Схема обв'язки котла

4.2.4 Вибір та обґрунтування засобів автоматизації

Електронна система керування котлом Ретра 3М

Кожен водогрійний котел оснащений електронною системою керування Ретра 3М (поз. 1), яка забезпечує [25]:

- звукову і світлову сигналізацію в разі аварійного режиму роботи;
- можливість встановити необхідну температуру теплоносія, вибрати профіль роботи пульта залежно від виду палива;
- можливість встановлення різних температурних порогів ввімкнення-вимкнення вентиляторів і насоса, плавне регулювання обертів вентиляторів;
- можливість двоканального регулювання подачі повітря, що дозволяє досягти повного спалювання палива та піролізних газів, які утворюються під час горіння палива, що забезпечує високий ККД котла та зменшення викидів шкідливих речовин;
- наявність аварійного термостату, який в разі підвищення температури води на виході з котла вимикає вентилятори;
- можливість дистанційно передавати інформацію про поточну температуру теплоносія, сигнали керування та аварійні сигнали, для задавання температурних значень теплоносія, для пуску та зупинки автоматичної системи керування, подальшої її реєстрації.

Промисловий контролер ОВЕН ТРМ32

В системі автоматичного регулювання температурою води на виході з котельні відповідно до опалювального графіка та температурою води на виході системи ГВП використаємо промисловий контролер ОВЕН ТРМ 32 (поз. 2), який монтується окремо від вбудованої в котли автоматики.

Промисловий контролер ТРМ32 призначений для контролю і регулювання температури в контурах опалення і гарячого водопостачання [49]. Промисловий контролер випускається в щитовому корпусі типу Щ4 або типу Щ7, ступінь зі сторони панелі IP54.

Функціональні можливості:

- регулювання температури в контурі опалення за опалювальним графіком;
- підтримання постійної заданої температури в контурі гарячого водопостачання;
- висока точність підтримання температури, яка забезпечується ПІД-регуляторами;
- перемикання режимів «день/ніч»;
- реєстрація даних на ЕОМ.

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики контролера ТРМ 32 [49]

Найменування характеристики	Значення
Напруга живлення	130... 242 В (номінальне значення 220 В)
Споживана потужність	не більше 6 ВА
Діапазон контролю температури	-50... + 199,9°C
Тип входних ТО	ТСМ, ТСП
Кількість каналів контролю температури	4
Кількість дискретних входів	1
Час циклу опитування датчиків	не більше 6 с
Кількість вихідних реле	4

Змішувальний клапан

Для регулювання температури води на вході в котел вибираємо термостатичний змішувальний клапан Regulus TSV8B DN50 (поз. 8). Триходовий

змішувальний клапан Regulus TSV8B DN50 застосовується в системах опалення для підтримання температури теплоносія, наприклад 55°C. Пристрій має в своїй структурі термостат, який відповідає за відкриття заслінок і змішування холодних і гарячих потоків води.

Вимірювальні прилади

Для вимірювання і перетворення значень температури до встановлення приймаємо датчики температури типу ДТСхх5М-И (поз. 8).

Термометри опору ДТСхх5М-И оснащені високоточним перетворювачем і призначені для безперервного вимірювання і перетворення значень температури газоподібних, рідких, твердих і сипучих середовищ в уніфікований сигнал 4...20 мА постійного струму.

ДТСхх5М-И складаються із первинного перетворювача – термозонда типу ДТСхх5 (50М, 100М, 100П, Pt 100) і вимірювального перетворювача НПТ-3, який вбудований в головку датчика. Застосування термометрів опору доцільне, якщо потрібно передати вимірне значення температури на відстань більше 100м, а також для зручності інтеграції в систему з уніфікованими сигналами. За рахунок використання в складі виробу мікропроцесорного нормуючого перетворювача НПТ-3 є можливість встановлення через USB- інтерфейс будь-яких діапазонів вимірювання температури в межах робочого діапазону для відповідного первинного перетворювача.

До встановлення приймаємо датчик ДТС065М-РТ100.0,25, який має наступні технічні характеристики: термометр опору платиновий РТ100, модель 065 з металевою головкою, клас точності 0,25%, довжина робочої частини 160мм, діапазон перетворення температур: -50...+100°C [50].

Для контролю температури води на вході в котел, лініях входу і виходу теплоносія в ємкісного водонагрівника (поз. 4) використовуємо термометри біметалеві, принцип роботи яких заснований на властивості біметалічної пружини

розкручуватися і скручуватися під час зміни температури. Монтаж термометрів у середовище здійснюється за допомогою штуцера з нарізним з'єднанням G1 / 2. Термометри біметалічні стандартного виконання використовуються для вимірювання температури в системах опалення, гарячого водопостачання, а також в промисловому виробництві [51].

Для контролю тиску теплоносія в трубопроводах котельні (поз. 5) використовуємо манометри МТ-100 радіальний 0,4 МПа.

Технічні характеристики [52]: діаметр корпусу – 100 мм, матеріал корпусу – сталь, діапазон вимірювання – 0 ... 0.4 МПа, розташування штуцера – знизу, різьба штуцера – М20х1.5, ступінь захисту – IP40, клас точності –1.5, призначення – загального призначення, матеріал механізму – латунь.

4.2.5 Технологічний контроль. Автоматичний захист і сигналізація

В котельні оперативному контролю підлягають наступні величини:

- вимірювання температури води на вході в котел, на виході з котла, на лініях входу і виходу гарячого та холодного теплоносія в ємкісному теплообміннику, температури зовнішнього повітря;
- тиску котлової води, тиску води до та після насосів, фільтрів;
- витрата холодного теплоносія в системі гарячого волопостачання.

Автоматика безпеки котла передбачає зупинку котла шляхом припинення зупинки вентиляторів в наступних аварійних випадках:

- температура води в котлі перевищила 95°C;
- підвищення тиску вище допустимого;
- витоку води з котла внаслідок його розгерметизації або системи опалення (системи теплопостачання).

Оператори котла зобов'язані терміново зупинити котел і повідомити про це адміністрацію в таких випадках:

- пошкоджені елементи котла;
- виник вибух у топці, газоході котла;

- в основних елементах котла виявлені тріщини, випуклості, пропуски у зварювальних з'єднаннях;
- виникла пожежа в котельні;
- стався витік води з котла.

Зупинка вентиляторів супроводжується світлозвуковою сигналізацією.

Котли Ретра 3М обладнані термостатними регуляторами і захисними обмежувачами температури, які пройшли типові випробовування. Випробовуваннями доведено, що в разі недостатньої кількості води, яка може виникнути під час втрати її в котлі при працюючому котлі, відключення вентиляторів без будь-яких дій оператора відбувається ще до того, як почнеться недопустиме перегрівання водогрійного котла.

Водогрійні котли для систем водяного опалення з температурою подачі до 100 °С та для систем водяного опалення високого тиску з температурою подачі до 120 °С повинні мати запобіжні клапани, які пройшли типові випробовування. Лінія сполучення між водогрійним котлом і запобіжним клапаном не повинна перекриватися. Не допускається влаштовувати в неї насоси, арматуру або звужувати діаметр.

При роботі твердопаливного котла завжди присутній ризик перегрівання теплоносія, особливо на режимах, близьких до максимальної потужності. Це пов'язано з деякою інерцією горіння палива, тому що в разі досягнення необхідної температури води або під час раптового відключення електричного живлення відразу припинити процес не вдається. Протягом декількох хвилин після припинення подачі повітря теплоносій буде нагріватися. В цей момент і виникає ризик пароутворення. Це призводить до зростання тиску в тепловій мережі і небезпеки руйнування котла або проривання труб. Щоб уникнути аварійних ситуацій, обов'язка котла на твердому паливі обов'язково повинна мати запобіжний клапан. Він налаштовується на певний критичний тиск, значення якого вказано в паспорті котла. Як правило, величина цього тиску в більшості систем дорівнює 3 бар, в разі його досягнення клапан відкривається, випускаючи пару і зайву воду.

У водогрійному котлі Ретра 3М у верхній частині вмонтовано запобіжний клапан, який спрацьовує в разі перевищення тиску в котлі.

4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто питання охорони праці та цивільного захисту стосовно підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної водогрійної опалювальної котельні. Під час модернізації котельні потрібно використовувати проектну та нормативно-технічну документацію. Для безпечного та ефективного виконання монтажних робіт працівники повинні бути забезпечені всім необхідним будівельним обладнанням та інструментами. Крім того, необхідно створити для них сприятливі умови праці.

В приміщенні котельні встановлено водогрійні котли, що призначені для відпуску теплової енергії. На оперативно-ремонтний персонал котельні, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [53, 54]:

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

- хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил);

- 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

В будівлях котельної розміщуються побутові та службові приміщення для обслуговуючого персоналу відповідно до санітарних норм [55].

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.

Прямки і заглиблення, що не закриваються, повинні огорожуватися перилами висотою не менше 0,9 м.

За наявності зазначених шкідливих і небезпечних виробничих факторів безпека працюючих повинна забезпечуватися відповідно до проектно-технологічної документації (ПОБ та ПВР), а також такими заходами:

- раціональною організацією робочих місць мулярів із використанням засобів підмоцвання, контейнеризації, оптимального розташування матеріалів, тари, вантажозахоплювальних пристроїв;
- визначенням безпечної послідовності виконання робіт;
- визначенням місць установа і типів засобів захисту людей і предметів від падіння з висоти.

Під час монтажу працівники повинні перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцвання. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необ-

хідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

Заготівлю та припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштованнях, призначених для монтажу трубопроводів, забороняється.

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи та обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштовання, обладнаного сходами для піднімання та спускання працівників. Піднімання та спускання конструкціями естакад не допускається. Забороняється перебування людей під обладнанням, що встановлюється, монтажними вузлами обладнання і трубопроводів до їх остаточного закріплення.

Монтаж обладнання, трубопроводів і повітропроводів поблизу електричних мереж (у межах відстані, яка дорівнює найбільшій довжині вузла чи ланки трубопроводу, що монтується) виконується при знятій напрузі. За неможливості зняття напруги роботи необхідно виконувати за нарядом-допуском, затвердженим у визначеному порядку.

Під час монтажу трубопроводів і обладнання стикування та з'єднання отворів і перевіряння їх збігу в деталях, що монтуються, необхідно виконувати за допомогою спеціального інструменту (конусних оправок, складальних пробок тощо). Перевіряти збіг отворів у деталях, що монтуються, пальцями рук не допускається.

Під час монтажу обладнання повинні бути вжиті заходи із запобігання самовільному чи випадковому його вмиканню. Під час монтажу обладнання з використанням домкратів необхідно вжиття заходів, що запобігають перекосу чи перекиданню домкратів.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність. Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможлиблює видимість у межах фронту робіт.

4.3.1.2 Електробезпека

Для живлення будівельного обладнання та системи освітлення котельни використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно [56, 57] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Персонал під час використання електрифікованого інструменту повинен

дотримуватися таких правил з охорони праці [56, 57]. Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлиблювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I і II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати.

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

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 [58]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відно-

сною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 4.10. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 4.10 – Допустимі норми параметрів повітря на робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура на робочих місцях, °С		Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Середньої важкості Пб	15-21	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		16-27	15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату у приміщенні застосовується припливно-витяжна вентиляція.

4.3.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [58].

Котельня працює на альтернативних видах палива. При згоранні палива виділяються такі шкідливі речовини, як оксиди вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид та інші. Під час монтажу виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [58] наведено в табл. 4.11.

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [59]:

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

- необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати організовану та неорганізовану природну вентиляцію.

Таблиця 4.11 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Азоту двоокис NO ₂	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO ₂	0,5	0,05	3
Вуглець (окис CO)	3	1	4

4.3.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [60] розряд зорової роботи V, підрозряд «в». Нормовані значення освітленості наведені в табл. 4.12.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), викорис-

товують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 4.12 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н пр}$	Сумісне $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	в	малий	світлий	-	200	1	0,6

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.3.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму в приміщення котельні, де знаходяться установки, є шум від двигунів і вентиляторів, димососів.

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:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

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

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях приймаються за вимогами [61] і наведені в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Допустимі рівні звукового тиску і звуку на робочих місцях

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними 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

Основні технічні міри по зменшенню шуму:

- правильність проектування масивних фундаментів під віброактивне обладнання (дробилки, сепаратори, нагнітачі) з урахуванням динамічних навантажень;
- ізоляція фундаментів під віброактивне обладнання від несучих конструкцій та інженерних комунікацій;
- застосування вібротримуючих гнучких вставок на вихлопі з нагнітачів;
- застосування вібропоглинаючого резинового покриття;
- звукоізоляція шумних машин кожухами;

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. Для зменшення вібрації обладнання встановлюється на гумові віброізолятори.

Існують наступні методи боротьби з вібрацією:

- віброізоляційний захист (зменшення передачі вібрації від джерела збудження за допомогою віброізоляторів);
- віброгасіння (зменшення рівня вібрації від джерела збудження за допомогою введення в систему додаткових реактивних опорів);
- вібропоглинання (застосовується для зменшення вібрації кожухів, коливання яких виникає в резонансовому режимі).

Вентилятори з електроприводом установлені поза будівлями на масивні фундаменти.

4.3.2.6 Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [53]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100000; робоча поза:

періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

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

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

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

4.3.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.3.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші

Густина газу при розрахунковій температурі (за завданням $t_p = 22^\circ \text{C}$)

$$\rho_{г.п} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367t_p)}, \quad (4.7)$$

$$\rho_{г,п} = \frac{16}{22,413 \cdot (1+0,0036 \cdot 25)} = 0,66 \text{ (кг} \cdot \text{м}^3\text{)},$$

де M – молярна маса речовини ($M(C_xO_yH_z) = x \cdot M_C + y \cdot M_O + z \cdot M_H$), $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ (для $\text{CH}_4 - M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16$);

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

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.),

$$C_{ст} = 100 / (1 + 4,84 \cdot \beta), \quad (4.8)$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_o}{4} - \frac{n_o}{2} = 1 + 4/4 = 2$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

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

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

Об'єм газу, що вийшов з апарата

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (4.9)$$

$$V_a = \frac{250}{101,3} \cdot 0,0133 = 0,01 \cdot 200 \cdot 0,0152 = 0,0304 \text{ (м}^3\text{)},$$

де P_1 – тиск в апараті, кПа (згідно завдання $P_1 = 200$ кПа);

$V = 0,0152$ – об'єм апарата, м^3 (згідно завдання $V = 0,02 \text{ м}^3$);

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

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_2 = V_{1T} + V_{2T}, \quad (4.10)$$

$$V_2 = 2,91 + 0,025 = 2,935 \text{ (м}^3\text{)},$$

де V_{1T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання, м³;

V_{2T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м³

$$V_{1T} = q \cdot \tau, \quad (4.11)$$

$$V_{1T} = 0,0097 \cdot 300 = 2,91 \text{ (м}^3\text{)},$$

де q – витрата газу, м³·с⁻¹ (згідно завдання $q = 0,0097 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$), яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо;

$\tau = 300 \text{ с}$ – час перекривання у ручному режимі

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2), \quad (4.12)$$

$$V_{2T} = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot (0,032^2 \cdot 5 + 0,025^2 \cdot 4) = 0,025 \text{ (м}^3\text{)},$$

де P_2 – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа (за завданням $P_2 = 3 \text{ кПа}$);

r_1, r_2 – внутрішні радіуси трубопроводів, м (за завданням $r_1 = 0,032 \text{ м}$, $r_2 = 0,025 \text{ м}$);

L_1, L_2 – загальна довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м (за завданням $L_1 = 5,5 \text{ м}$, $L_2 = 4 \text{ м}$).

Масу газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_r, \quad (4.13)$$

$$m = (0,0304 + 2,935) \cdot 0,66 = 1,96 \text{ (кг)},$$

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

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma, \Pi}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (4.14)$$

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{1,96 \cdot 0,5}{400 \cdot 0,66} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 10,57 \text{ (кПа)}.$$

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

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

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

V – вільний об'єм приміщення, м³ (за завданням $V_{\text{вільн}} = 400 \text{ м}^3$);

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

4.3.3.2 Визначення розмірів зони поширення полум'я

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

для горючих газів (ГГ):

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{C_{\text{НКМП}} \cdot \rho_{\Gamma}} \right)^{0,333}, \quad (4.15)$$

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{1,96}{14 \cdot 0,66} \right)^{0,333} = 8,69 \text{ (м)},$$

де m - маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг;

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

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

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

4.3.3.3 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м,

$$D_s = 5,33 m^{0,327}, \quad (4.16)$$

$$D_s = 5,33 \cdot 1,96^{0,327} = 6,64 \text{ (м)}.$$

Висоту центра «вогняної кулі»

$$H = D_s / 2 = 6,64 / 2 = 3,32 \text{ (м)}.$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с,

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303}, \quad (4.17)$$

$$t_s = 0,92 \cdot 1,96^{0,303} = 1,13 \text{ (с)}.$$

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

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2}, \quad (4.18)$$

$$r = \sqrt{6,64^2 + 3,32^2} = 7,42 \text{ (м)}.$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу Ψ

$$\Psi = \exp(-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2), \quad (4.19)$$

$$\Psi = \exp\left(-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{7,42^2 + 3,32^2} - \frac{6,64}{2}\right) = 0,97.$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$F_q = \frac{H/D_s + 0,5}{4 \cdot ((H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2)^{1,5}}, \quad (4.20)$$

$$F_q = \frac{3,32/6,64 + 0,5}{4 \cdot ((3,32/6,64 + 0,5)^2 + (7,42/6,64)^2)^{1,5}} = 0,075,$$

Інтенсивність теплового випромінювання

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \Psi, \quad (4.21)$$

$$q = 450 \cdot 0,075 \cdot 0,97 = 32,73 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^2\text{)},$$

де E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я, $\text{кВт}\cdot\text{м}^{-2}$, величину E_f приймаємо рівною $450 \text{ кВт}\cdot\text{м}^{-2}$.

Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії надмірний тиск ударної хвилі буде достатнім для руйнування вікон, дверей та легких будівельних конструкцій. Для запобігання виникнення подібних ситуацій та мінімізації можливих наслідків необхідно:

- забезпечити дотримання норм та інструкцій експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм та інструкцій пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витoku газу з трубопроводів;
- в межах зони поширення полум'я не розміщувати горючі матеріали;
- спроектувати конструкцію будівлі так щоб надмірний тиск ударної хвилі компенсувався за рахунок руйнування даху та віконних прорізів.

4.4 Висновки до розділу 4

В даному розділі здійснено аналіз об'єкту який підлягає монтажу. Виконано компоновку обладнання, спроектовано обв'язку теплогенерувального обладнання котельні потужністю 900 кВт на трісці деревини у м. Тульчин, розраховані комплектувальні відомості по виконанню робіт, визначена трудомісткість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи $M_o = 10356,26 \text{ кг}$, потребу в допоміжних матеріалах, а саме $M_d = 472,65 \text{ кг}$. Підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Для зварювання стиків трубопроводу підібрано зварювальний напівавтомат інвертор Тех.АС ТА-00-022, для зачищення деталей підібрано кутову шліфувальну машину BOSH GWS 24-230 P PROFESSIONAL. Підібрано для доставки деталей та обладнання до місця монтажу вантажний спеціалізований автомобіль з краном-маніпулятором КрАЗ-65053. Гідравлічні випробування пропонується виконувати за допомогою електричного пресувальника AQUA WORD DSY-60.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу теплогенерувального обладнання котельні, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Розраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників, згідно з якими, загальна трудомісткість виконання робіт складає 114,72 люд.-год, а тривалість монтажу обладнання складає 24 доби.

Проведено розробку функціональної схеми автоматизації теплової схеми водогрійної котельні з твердопаливними котлами Ретра 3М. Запропонована система автоматичного керування котельнею містить:

- мікроконтролерне регулювання котлового контуру Ретра 3М;
- промисловий контролер для приготування води на гаряче водопостачання ОВЕН ТРМ 32;
- - промисловий контролер для регулювання температури води відповідно до температури зовнішнього середовища ОВЕН ТРМ 32;
- регулятор температури води на вході в котел.

Підібрано обладнання для вимірювання тиску, температури, витрати в контурах котельні

Проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації теплоелектроцентралі. Проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації парогенераторів, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість на робочому місці; ураження електричним струмом, тощо. Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії ударною хвилею можливі слабкі руйнування несучих стін приміщення, повне руйнування дахів та склінь, руйнування деяких видів обладнання, тому треба взяти необхідних заходів для запобігання руйнування. Розраховані інтенсивності та тривалості теплового випромінювання, за якими можна зробити висновок, що займання речовин та матеріалів в приміщенні не відбудеться, можливе лиш незначне їх обвуглення.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно оцінити обсяги економії енергоресурсів при підвищенні енергоефективності твердопаливної водогрійної котельні в м. Тульчин.

Для розрахунку кошторисної 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 робляємо 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.

Загально виробничі 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).

Таблиця 5.1 – Перелік інноваційних витрат [63]

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	29,19
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	5,84
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	43,79
Проектування	2,5	4	72,98
Експертиза інноваційного рішення	1	1	29,19
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	58,39
Виготовлення нового виробу	100	6	2919,28
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	87,58
Витрати на підготовку кадрів	5	2	145,96
Всього		21	3392,21

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	-239,38	-3283,83	3361,93	2971,27	2678,32	2519,99	2414,40
Сальдо реальних грошей	-239,38	-2814,81	3361,93	2929,04	2636,09	2481,88	2380,41
Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-239,38	-3054,19	307,74	3236,78	5872,87	8354,75	10735,2
Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Чиста поточна вартість	-277,68	-3283,83	2898,22	2208,14	1715,88	1391,77	149,53
Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-277,68	-3561,51	-663,29	1544,84	3260,73	4652,50	5802,03

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

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чисті грошові надходження [63]

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

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.

$$NV = 10422,7 \text{ тис. грн.}$$

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.

$$NPV = 5802,03 \text{ тис. грн.}$$

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 [63]

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

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності [63]

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

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

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

Розрахунок представлений в таблиці 5.3.

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	-277,68	-3283,83	2898,22	2208,14	1715,88	1391,77	1149,53
Кумулятивна	-277,68	-3561,51	-663,29	1544,84	3260,73	4652,50	5802,03

Як видно з таблиці 5.3 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 1 + 663,29 / 1544,84 = 1,42 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

В розділі складено кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, на влаштування санітарно-технічних робіт, об'єктний коштрис. В кошторисах пораховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 2919,284$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 97,851 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 1,261$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 2147,409 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 10422,7 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –5802,03 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 1,42

роки.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі виконано огляд і аналіз відомих енергетично- екологічно ефективних технологій отримання теплоти для потреб теплопостачання. Проаналізовані теплові схеми котельнь на різних видах палива, визначені їх переваги та недоліки. Оцінено екологічні та економічні питання використання біомаси та енергії Сонця як джерел відновлювальної енергії для потреб теплопостачання. На основі огляду та аналізу літературних джерел сформульовані мета та задачі досліджень.

Виконано аналіз роботи теплової схеми водогрійної котельні з піковою потужністю 900 кВт для потреб теплопостачання у м. Тульчин. Під час оцінки техніко-економічних показників робіт і прийнято до уваги такі види палива: природний газ, буре вугілля, біомаса у вигляді тріски деревини твердих порід та електроенергія. Виявлено, що з використанням тріски деревини, як палива, котельня відпускатиме теплоту із найнижчою у порівнянні із представленими паливами собівартістю 440,46 грн./ГДж. Із використанням природного газу, як палива на котельні отримано собівартість відпущеної теплоти 1314,56 грн./ГДж. З економічної точки зору для забезпечення потреб теплопостачання обрано влаштування водогрійної котельні на біомасі. На основі проведених розрахунків обґрунтовано одиничні потужності та обрано основне і допоміжне обладнання водогрійної котельні на біомасі: сталеві додогрійні котли Ретра-3М потужністю по 350 кВт у кількості 3 шт.; циркуляційні насоси марки Wilo TOP-S 65/7, Wilo TOP-S 50/7, Wilo TOP-S 40/7, Wilo TOP-S 25/10 для системи гарячого водопостачання, системи опалення, системи вентиляції, рециркуляційний насос відповідно; розширювальні баки Zilmet CAL-PRO 400 з об'ємом 400 л у кількості 2 шт.; бойлери непрямого нагріву Reflex Storatherm Aqua AF 2000/1 у кількості 2 шт.

Розроблено математичну модель для оцінки ефективності системи сонячного гарячого водопостачання. За використанням розробленої математичної

моделі досліджено ефективність сонячних колекторів спрямованих в південному напрямку протягом року та вплив кута нахилу колекторів до горизонту на коефіцієнт їх корисної дії. Виявлено, що у весняно-літній період найбільш ефективний колектор нахилений на 35° до горизонту, а в осінньо-зимовий – нахилений на 50° . Проаналізувавши сумарне теплонадходження на колектор протягом березня – жовтня обрано варіант встановлення колекторів нахилених на 35° до горизонту. З врахуванням наявної площі під геліоколектори прийнято до встановлення $150,4 \text{ м}^2$ колекторів, що забезпечать річне покриття навантаження гарячого водопостачання у $11,85\%$, що дозволить знизити споживання умовного палива на котельні на $2,18\%$.

З допомогою програмного забезпечення SimaPro 9.4.0.2 виконано оцінку впливу водогрійної котельні на довкілля протягом життєвого циклу. Порівняння різних видів палива як джерел теплоти на котельні показало, що найменший вплив на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант спалювання тріски деревини із твердих порід, а найбільший вплив на довкілля – виробництво теплоти із електроенергії.

У розділі з організаціо-технологічного забезпечення проєктних рішень проаналізовано об'єкт монтажу, а саме теплогенерувальне обладнання водогрійної котельні на біомасі. Виконано підбір основного, допоміжного обладнання, матеріалів та виробів для монтажу. Встановлено, що маса обладнання, основних матеріалів і обладнання для монтажу складає $10356,26 \text{ кг}$, а допоміжних – $472,65 \text{ кг}$. Визначено загальну витрату електроенергії для роботи допоміжного обладнання, що склала $347,11 \text{ кВт}\cdot\text{год}$. Розроблено календарний графік монтажу теплогенерувального обладнання, графік руху робітників, графік роботи машин та механізмів. Загальна трудомісткість монтажних робіт складе $114,72 \text{ люд}\cdot\text{дні}$. Згідно календарного плану тривалість монтажних робіт складе 24 доби.

Проведено розробку функціональної схеми автоматизації теплової схеми водогрійної котельні з твердопаливними котлами Ретра 3М. Запропо-

нована система автоматичного керування котельнею містить: мікроконтролерне регулювання котлового контуру Ретра 3М; промисловий контролер ОВЕН ТРМ 32 для приготування води на гаряче водопостачання, для регулювання температури води відповідно до температури зовнішнього середовища; регулятор температури води на вході в котел. Підбрано обладнання для вимірювання тиску, температури, витрати в контурах систем теплопостачання та котельні.

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 теплогенераторів, а саме: підвищений рівень шуму, вібрації, несприятливі параметри мікроклімату; ураження електричним струмом; недостатня освітленість на робочому місці тощо. Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії ударною хвилею можливі слабкі руйнування несучих стін приміщення, повне руйнування дахів та скільнь, руйнування деяких видів обладнання, тому треба вжити необхідних заходів для запобігання руйнування. Розраховані інтенсивності та тривалості теплового випромінювання, за якими можна зробити висновок, що займання речовин та матеріалів в приміщенні не відбудеться, можливе лиш незначне їх обвуглення.

В розділі економічна частина складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість $K_b = 2919,284$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 97,851 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,261$ тис. люд – год., вартість матеріалів – 2147,409 тис. грн. Розраховано основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 10422,7 тис. грн.; чиста поточна вартість – 5802,031 тис. грн.; термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 1,42 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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., Ранда Є. С., Ільчук К. П. Екологічні та економічні аспекти вибору джерела теплоти для котельні. *Інноваційні технології в будівництві: матеріали Міжнародної наук.-техн. конф.*, 25-26 лист. 2022 р., Вінниця : ВНТУ, URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16695/13863> (дата звернення 01.12.2023).
3. Степанова Н.Д. Економія палива в тепловій схемі водогрійної котельні на біомасі. *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/17731> (дата звернення 01.12.2023).
4. Загородній Р. Підвищення ефективності спалювання твердої біомаси у теплогенераторах. *Енергетика і автоматика*, 2013. №2. 6 с. URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/3631> (дата звернення 01.12.2023).
5. Степанов Д. В., Корженко Є. С., Боднар Л. А. Котельні установки промислових підприємств. Вінниця: ВНТУ, 2011. 321 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. Степанов Д. В., Боднар Л. А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 148 с.
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. Ключ С. В. Енергоефективне перетворення біомасив горючий газ і біовугілля в газогенераторах щільного шару палива: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.08. Київ, 2016. 167 с.
10. Ялечко В. І., Матіко Ф. Д., Гнатишин Я. М. Котельня на основі удосконаленої паливни підвищеної ефективності. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, №6. С. 131 – 134.
11. Гелетуша 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.
12. Піменов К. Ю., Топоров А. А. Використання рослинної сировини та деревини у роботі газогенератора. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки». 2021. №8. С. 169 – 175.
13. Дзяди́кевич 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.
14. 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.
15. 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.
16. Гелетуша Г., Матвеев 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 01.12.2023).
17. Левицька О. Г., Січевий О. В. Порівняльний аналіз викидів шкідливих речовин при застосуванні альтернативних природному газу біопалив. Вісник ЛДУБЖД. 2019. №20. С. 90 – 95.

18. Solar energy : Technologies and the project delivery process for buildings / Andy Walker, PhD PE. New Jersey: Wiley, 2013. 310 p/
19. Active solar heating and cooling information user study / W/W/ Belew? B/L/ Wood, T.L. Marle, C.L. Reinhardt Golden: 1981. 386 p.
20. Weiss W. Solar heating systems for houses. A design handbook for solar combisystems. London : James and James Ltd, 2003. 344 p.
21. Sarbu J., Sebarchievici C. Solar Heating and Cooling Systems. Fundamentals, Experiments and Applications. Amsterdam: Academic Press , 2016. 425 p.
22. ДБН В.2.5 –77:2014. Котельні. [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 66 с.
23. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
24. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / під ред. Боженко М. Ф. Київ : Вища школа, 1992. 280 с.
25. Ретра ЗМ. Керівництво з експлуатації та монтажу КТР.01.02.000 КЕ. URL: http://retra.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=66&download_id=3(дата звернення 01.12.2023)
26. Програма автоматичного підбору насосів. URL : http://www.hydro-vacuum.com.ua/single-stage_centrifugal_pumps_water_mv.php (дата звернення 01.12.2023)
27. Тарифи на природний газ. URL:<https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/>(дата звернення 01.12.2023)
28. Тарифи на електроенергію. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>(дата звернення 01.12.2023)
29. Тарифи на воду та водовідведення. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/> (дата звернення 01.12.2023)
30. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.

31. Денисов В. И. Техничко-економические расчеты в энергетике. Москва: Энергоиздат, 1985. 312 с.
32. Енергетичний потенціал сонячної радіації на території України. URL: <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4199/21204.pdf> (дата звернення: 01.12.2023 р)
33. ДСТУ-Н Б В.1.1-27.2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. 123 с. (Національний стандарт України).
34. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового громадського призначення: ДСТУ-Н Б В.2.5-43.2010. – [Чинний від 2010-09-01]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 32 с. – (Національний стандарт України).
35. Степанова Н. Д. Економичний та екологічний аспекти теплопостачання на базі геліоустановок / Н. Д. Степанова, Т. І. Пилипенко // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2013. – №5. С. 65 – 68.
36. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
37. Радченко С. Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища школа, 2001. 315 с
38. Сонячні колектори Vaillant. URL: <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/produktsia/solnechnie-sistemi/solnechnie-kollektori/> (дата звернення: 01.12.2023 р)
39. Монтажні роботи: монтаж металоконструкцій, устаткування. URL: [https://sbk.ltd.ua/uk/tehnicna-dokumentatsija/83-montazh-metallo konstruktsij-donetsk-montazh-tehnologicheskogo-oborudovaniya.html](https://sbk.ltd.ua/uk/tehnicna-dokumentatsija/83-montazh-metallo-konstruktsij-donetsk-montazh-tehnologicheskogo-oborudovaniya.html). (дата звернення 01.12.2023 р.)
40. 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://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty-zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-%E2%84%96-15/) (дата звернення: 01.12.2023 р.)

41. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Трубопроводи внутрішні (Збірник 16). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-truboprovody-vnutrishni.-zbirnyk-16.pdf> (дата звернення: 01.12.2023 р.)

42. 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: 01.12.2023 р.)

43. КрАЗ-65053 з краном-маніпулятором. URL: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produktsiya/automobile/civil/spec/item/1370-kraz-65053> . (дата звернення 01.12.2023 р.)

44. Зварювальний напівавтомат інвертор Тех.АС ТА-00-022. URL : <https://kwitka.com.ua/svarochnyj-poluavtomat-invertor-tehas-ta-00-022-68-kvt-220-a/> (дата звернення 01.12.2023 р.)

45. КУТОВА ШЛІФУВАЛЬНА МАШИНА BOSCH GWS 24-230 P PROFESSIONAL. URL: <https://www.bosch-professional.com/ua/uk/products/gws-24-230-p-06018C3100>. (дата звернення: 01.12.2023 р.)

46. ПРЕСУВАЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНИЙ AQUA WORD DSY-60. URL: https://termosvit.com.ua/ua/p1241511580-opressovschik-elektricheskij-aqua.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQiA8t2eBhDeARIsAAVEga3-jnBSiiapQVDQe-535wZt85REaD4bcV4jyTEHYoNMjLgQ7-w7fMsaAsHgEALw_wcB. (дата звернення: 01.12.2023 р.)

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

48. Гостіщев В.О., Макисмов М.В. Дослідження автоматичної системи керування водогрійним котлом. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського* .№2, 2021, С. 108 – 113.

49. ТРМ32. Промисловий контролер для регулювання температури. URL: <https://owen.ua/ru/izmeriteli-regulyatory/promyshlennyj-kontroller-dlja-regulirovki-temperatury-oven-trm32> (дата звернення:01.12.2023 р.)

50. Термоопір з вихідним сигналом 4...20 мА. URL: <https://owen.ua/ru/datchiki/dtsxxx5m-i-termosoprotivlenija-s-vyhodnym-signalom-4-20-mA/prices> (дата звернення:01.12.2023 р.)

51. Термометр біметалевий, стандартне використання. URL: <https://ukrspecavtomat.com.ua/uk/products/termometry-bimetallicheskie-tb-standartnoe-ispolzovanie/> (дата звернення:01.12.2023 р.)

52. Манометр МТ-100. URL: <https://boiler.ua/manometr-mt-100-radialnyy-04-mpa-kl.-15-m20x15/> (дата звернення:01.12.2023 р.)

53. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (дата звернення:01.12.2023 р.)

54. 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. [Чинний від 2007-12-01]. 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:01.12.2023 р.)

55. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

56. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

57. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

58. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення:01.12.2023 р.)

59. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

60. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

61. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення:01.12.2023 р.)

62. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення:01.12.2023 р.)

63. 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

Назва роботи: Підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної водогрійної котельні в місті Тульчин

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник доцент кафедри ТЕ Степанова Н.Д.
(прізвище, ініціали, посада)


Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	86,8
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	13,2

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

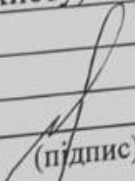
- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення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

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор  Ранда Є.С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допустити роботу Ранду Є.С. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

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

Експерт _____ _____
(за потреби) (підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)
Технічне завдання

1. Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу ректора ВНТУ від 18.09.2023 року № 247.

Дата початку роботи – 19.09.2023 р.

Дата закінчення роботи – 05.12.2023 р.

2. Мета і призначення НДР

Мета роботи – Зменшення залежності від традиційних джерел енергії, шкідливого впливу на довкілля та досягнення енергетичної самодостатності шляхом впровадження технології спалювання твердої біомаси та використання сонячних технологій у тепловій схемі твердопаливної котельні.

Об'єкт дослідження – водогрійна котельня на біомасі.

Основний предмет – підвищення енергетичної та екологічної ефективності водогрійної котельні на біомасі.

Узагальнений науковий результат – Набули подальшого розвитку методи аналізу використання альтернативних видів палива на водогрійних котельнях в умовах пошуку оптимального з екологічної та економічної точки зору варіанту. Доведено, що заміщення викопних палив на водогрійних котельнях біомасою є ефективним. Показано, що використання сонячних систем гарячого водопостачання у обсязі 11,85% річного відпуску теплоти на його потреби дозволить знизити витрату умовного палива на котельні на 2,18 %..

3. Вихідні дані для проведення НДР

Під час проведення НДР будуть використані матеріали 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., Ранда Є. С., Ільчук К. П. Екологічні та економічні аспекти вибору джерела теплоти для котельні. *Інноваційні технології в будівництві*: матеріали Міжнародної наук.-техн. конф., 25-26 лист. 2022 р., Вінниця :

ВНТУ, URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16695/13863> (дата звернення 01.12.2023).

3. Степанова Н.Д., Ранда Є.С., Ільчук К.П. Економія палива в тепловій схемі водогрійної котельні на біомасі. *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/17731> (дата звернення 01.12.2023).

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

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

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

7. 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

Твердопаливна водогрійна котельня повинна розглядатися як велика ієрархічна багаторівнева система, що супроводжується протягом життєвого циклу техногенними ризиками.

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

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати теоретичні та експериментальні методи досліджень екологічної і енергетичної ефективності твердопаливної водогрійної котельні.

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

Таблиця В.1 -Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 03-001-003

на внутрішні санітарно-технічні роботи. твердопаливна водогрійна котельня
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: Кошторисна вартість 341.589 тис. грн.
креслення(специфікації)№ Кошторисна трудомісткість 0.50444 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 38.501 тис. грн.
Середній розряд робіт 3.8 розряд

Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	за-робітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										за-робітної плати	в тому числі за-робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ18-5-4	Установлення Бойлера непрямого нагріву Reflex Storatherm Aqua AF 2000/1	1 водопідігрівник	2.0	8387.21	1481.82	16774	8348	2964	58.0600	116.12
					4173.93	404.28			809	5.2944	10.59
2	КБ18-13-1	Установлення насосів Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10	1 насос	3.0	2565.60	162.55	7697	4598	488	21.3200	63.96
					1532.69	38.80			116	0.5002	1.50
3	КБ18-13-2	Установлення насосів Wilo TOP-S 50/7	1 насос	1.0	3862.37	287.34	3862	1922	287	26.7300	26.73
					1921.62	71.91			72	0.9228	0.92
4	КБ18-13-3	Установлення насосів Wilo TOP-S 40/7	1 насос	1.0	3950.22	406.94	3950	2181	407	30.3400	30.34
					2181.14	104.82			105	1.3439	1.34
5	КБ18-13-4	Установлення насосів Wilo TOP-S 65/7	1 насос	1.0	5963.28	728.07	5963	2995	728	41.6600	41.66
					2994.94	193.46			193	2.5230	2.52
6	КБ18-13-5	Установлення насосів Wilo Star-Z 20/7-3 PN 10	1 насос	1.0	7300.70	826.41	7301	3655	826	50.8400	50.84
					3654.89	221.82			222	2.8779	2.88
7	C130-513	Насос Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10	шт	3.0	30870.00		92610				
8	C130-513	Насос Wilo Star-Z 20/7-3 PN 10	шт	1.0	20670.00		20670				
9	C130-513	Насос Wilo TOP-S 65/7	шт	1.0	28830.00		28830				
10	C130-513	Насос Wilo TOP-S 50/7	шт	1.0	26790.00		26790				
11	C130-513	Насос Wilo TOP-S 40/7	шт	1.0	24750.00		24750				
12	КБ18-22-1	Установлення Лічильника холодної води Gross WPK-UA R100 DN50	комплект	1.0	121.25	-	121	97	-	1.2800	1.28
					96.72	-			-	-	-
13	C1630-983	Лічильники холодної води Gross WPK-UA R100 DN50	шт	1.0	7372.88		7373				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	С1630-50	Гребінки	комплект	2.0	13155.90		26312				
15	КБ18-15-1	Установлення гребінок мережної води Ду= 125, L= 1500мм	1 гребінка	2.0	5593.00	100.13	11186	1675	200	11.2500	22.50
					837.56	23.62			47	0.3054	0.61
16	КБ18-21-3	Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення діаметром 40 мм	10 фільтрів	0.1	14247.68	964.03	1425	107	96	14.9200	1.49
					1072.60	219.41			22	2.9394	0.29
17	КБ18-21-6	Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення діаметром 80 мм	10 фільтрів	0.1	43911.66	1486.24	4391	163	149	22.6300	2.26
					1626.87	343.92			34	4.5255	0.45
18	КБ16-8-6	Прокладання трубопроводів газопостачання зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 50 мм	100 м трубопроводу	0.2	72356.35	2810.35	14471	896	562	58.3800	11.68
					4479.50	620.85			124	8.3795	1.68
19	КБ16-8-2	Прокладання трубопроводів газопостачання зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 20 мм	100 м трубопроводу	0.053	45908.81	1437.26	2433	187	76	46.0800	2.44
					3535.72	317.97			17	4.2675	0.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	КБ16-8-4	Прокладання трубопроводів газопостачання зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 32 мм	100 м трубопроводу	0.198	53155.06	1823.40	10525	700	361	46.0800	9.12
					3535.72	402.34			80	5.4275	1.07
21	КБ16-8-5	Прокладання трубопроводів газопостачання зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 40 мм	100 м трубопроводу	0.023	55840.20	2209.54	1284	81	51	46.0800	1.06
					3535.72	486.71			11	6.5875	0.15
22	КБ16-9-2	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 65 мм	100 м трубопроводу	0.186	11592.53	2856.32	2156	1510	531	107.4200	19.98
					8116.66	528.65			98	7.0174	1.31
23	КБ16-9-3	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 80 мм	100 м трубопроводу	0.135	13361.23	3467.68	1804	1213	468	118.9000	16.05
					8984.08	682.46			92	9.0482	1.22
24	КБ16-9-4	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 100 мм	100 м трубопроводу	0.16	13478.37	3467.68	2157	1437	555	118.9000	19.02
					8984.08	682.46			109	9.0482	1.45
Разом прямих витрат по кошторису							324835	31765	8749	436.53	
Разом прями витрати в тому числі:									2151	28.21	
						грн.	324835				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	284321				
		вартість ЕММ				грн.	8749				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		2151			
		заробітна плата робітників				грн.		31765			
		всього заробітна плата				грн.		33916			
		Загальновиробничі витрати				грн.	16754				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					39.70
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		4585			
		Всього по кошторису				грн.	341589				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					504.44
		Кошторисна заробітна плата				грн.		38501			

Таблиця В.2 -Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 03-001-002

на монтаж обладнання. твердопаливна водогрійна котельня
 (найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:	Кошторисна вартість	103.929 тис. грн.
креслення(специфікації)№	Кошторисна трудомісткість	0.75676 тис. люд.-год
	Кошторисна заробітна плата	59.350 тис. грн.
	Середній розряд робіт	4.0 розряд

Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайня- тих обслугову- ванням машин		
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	за- робітної плати	експлуа- тації машин	тих, що обслугову- ють машини		
												за- робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КМ35-102-6	Монтаж теплогенератора Ретра-3М з номінальною потужністю 350 кВт	шт	3.0	5531.02	521.72	16593	13746	1565	63.0000	189.00
					4581.99	128.82			386	1.5125	4.54
2	КМ5-179-1	Монтаж бункера живильного БЦ-2,0	шт	3.0	20078.01	5119.43	60234	34093	15358	150.4000	451.20
					11364.22	1156.90			3471	12.6704	38.01
3	КМ6-295-1	Монтаж розширювального бака Zilmet CAL-PRO 400	т	0.124	20135.55	1597.08	2497	1233	198	147.0000	18.23
					9947.49	230.64			29	2.9506	0.37
		Разом прямих витрат по кошторису					79324	49072	17121		658.43
									3886		42.92
		Разом прямі витрати				грн.	79324				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	13131				
		вартість ЕММ				грн.	17121				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		3886			
		заробітна плата робітників				грн.		49072			
		всього заробітна плата				грн.		52958			
		Загальновиробничі витрати				грн.	24605				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					55.41
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		6392			
		Всього по кошторису				грн.	103929				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					756.76
		Кошторисна заробітна плата				грн.		59350			

Таблиця В.3 -Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 03-

придбання обладнання. твердопаливна водогрійна котельня

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість 2 473,766 тис. грн.

ОСНОВА: креслення(специфікації) №
Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	1514-14102	Теплогенератор Ретра-3М з номінальною потужністю 350 кВт	шт	3.0	438839.87	1316520
2	2203-2006	Бункер живильний БЩ-2,0	шт	3.0	137765.14	413295
3	1503-1265	Розширювальний бак Zilmet CAL-PRO 400	шт	2.0	25119.64	50239
4	C130-8	Аппарати водонагрівальні	шт	2.0	311904.59	623809
Разом						2403863
Транспортні та заготівельно-складські витрати						69903
Всього по кошторису						2473766

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця В.4 -Об'єктний кошторис № 03-001

на будівництво

твердопаливна водогрійна котельня
(найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість 2919.284 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1.26120 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 97.851 тис. грн.
Вимірник одиничної вартості

Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудомісткість, тис. люд.год	Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	Показники одиничної вартості
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	03-001-001	придбання обладнання	623.809	1849.957	2473.766	-		
2	03-001-002	монтаж обладнання	103.929		103.929	0.75676	59.350	
3	03-001-003	внутрішні санітарно-технічні роботи	341.589		341.589	0.50444	38.501	
		Всього по кошторису	1069.327	1849.957	2919.284	1.26120	97.851	

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток Г
(довідковий)

Математична модель для дослідження ефективності системи сонячного гарячого водопостачання у теловій схемі водогрійної котельні

Середня температура зовнішнього повітря

$$t_{ij}=t_j+0,5\cdot k_i\cdot A_j.$$

Усереднена температура повітря під час періоду роботи сонячної системи гарячого водопостачання

$$t_{серj}=\sum_i t_i / i.$$

Для розсіяної сонячної радіації коефіцієнт положення сонячного колектора

$$P_D=\cos^2\beta/2.$$

Коефіцієнт положення сонячного колектора (СК) для відбитої сонячної радіації

$$P_R=\sin^2\beta/2.$$

Інтенсивність сонячної радіації для годин роботи, що надходить на СК спрямований на південь під певним кутом

$$q_{пад,i}=P_A \cdot P_S \cdot I_S^{гop} + P_D \cdot I_D^{гop} + P_R \cdot (I_S^{гop} + I_D^{гop}) \cdot a.$$

Сонячна радіація, що надходить на площину колектора (сумарна добова)

$$q_{\Pi}^{\text{д}} = \sum_i q_{\text{пад},i}$$

Температури теплоносія на вході і на виході із СК

$$t_1 = t_{w,1} + 5.$$

$$t_2 = t_{w,2} + 5.$$

Коефіцієнт корисної дії СК

$$\eta = \eta_0 - [i \cdot U \cdot (t_1 + t_2) / 2 - t_{\text{ср}}] / q_{\text{пад}}^{\text{доб}}$$

Площа поверхні геліоколекторів

$$F = 1,16 \cdot G_{\text{доб}} \cdot (t_{w,2} - t_{w,1}) \cdot C_p / [\eta \cdot q_{\text{пад}}^{\text{доб}}]$$

Кількість потребуючих колекторів

$$N = F / f_0.$$

Площа сприйняття сонячної радіації

$$F_{\text{кол}} = f_0 \cdot N.$$

Ємність бака-акумулятора для встановлених систем сонячного гарячого водопостачання з примусовою циркуляцією

$$V_{\text{б-а}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot F_{\text{кол}}$$

Річний відпуск теплоти на гаряче водопостачання

$$Q_{\text{річ}}^{\text{ГВП}} = G_{\text{доб}} \cdot (t_{w2} - t_{w1}) \cdot C_p \cdot 365.$$

Економія річного палива після впровадження сонячної системи гарячого водопостачання

$$\Delta B_y^{\text{річ}} = Q_{\text{річ}}^{\text{геліо}} / (Q_y^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{д}}).$$

Визначаємо частку покриття ССГВ потреб системи ГВП

$$\psi = Q_j^{\text{геліо}} / Q_j^{\text{ГВП}}.$$

Споживання електроенергії ССГВ

$$EE^{\text{ССГВ}} = \sum Ne^{\text{ССГВ}} \cdot \tau.$$

Річний відпуск теплоти газовою котельнею

$$Q_{\text{кот}} = Q_{\text{річ}} - Q_{\text{річ}}^{\text{геліо}}.$$

Річна витрата палива на котельні

$$B_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{кот}}}.$$

Витрати коштів на паливо

$$C_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot C_{\text{пал}} \cdot k_{\text{вп}}$$

Витрата умовного палива ТЕЦ, кг/рік

$$B_y^{\text{ТЕЦ}} = \frac{\sum N_{\text{еє}}^{\text{ССГВ}} \cdot 3,6}{Q_y \cdot \eta_{\text{еє}} \cdot \eta_{\text{ем}}}.$$

Економія умовного палива від впровадження заходу, кг/рік

$$\Delta B_y = \Delta B_y^{\text{річ.г}} - B_y^{\text{ТЕЦ}}.$$

Споживання електроенергії на виробництво теплоти котельнею за сезон

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^c \cdot \tau_c + N_{\text{ВП}}^{\text{МОП}} \cdot \tau_{\text{МОП}}.$$

Сумарне споживання електроенергії котельнею з ССГВ

$$EE_{\text{річ}} = EE_{\text{річ}} + EE^{\text{ССГВ}}.$$

Витрати коштів на електричну енергію

$$C_{EE} = EE_{\text{річ}} \cdot C_{EE}.$$

Річне споживання води

$$G_{\text{в.річ}} = \frac{G_{\text{ДВ}}^c}{\rho_{\text{ДВ}}} \cdot \tau_c \cdot 3600 + \frac{G_{\text{ДВ}}^{\text{МОП}}}{\rho_{\text{ДВ}}} \cdot \tau_{\text{МОП}} \cdot 3600.$$

Річна витрата коштів на воду

$$C_B = G_{\text{підж}} \cdot Ц_B .$$

Витрати на амортизацію

$$C_B = K_a \cdot K .$$

Річні витрати на заробітну плату працівникам

$$C_{\text{зп}} = Z \cdot \Phi \cdot 12 \cdot (1 + 0,332 + 0,029 + 0,016 + 0,0242) .$$

Витрати коштів на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_a .$$

Інші витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (C_a + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ее}} + C_a) .$$

Загальні експлуатаційні витрати коштів

$$C_{\text{річ}} = C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_B + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ІН}} .$$

Собівартість теплоти на котельні

$$C_B = C_{\text{річ}} / (Q_{\text{хол}}^{\text{сез}} + Q_{\text{річ}}) .$$

Шкідливі викиди (СО)

$$M_{\text{СО}} = C_{\text{СО}} \cdot V_C .$$

Масовий викид твердих частинок

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot B \cdot (a_{\text{ВН}} \cdot A^{\text{P}} \cdot q_4 \cdot (Q_{\text{H}}^{\text{P}} / 32,68) \cdot (1 - \eta_{\text{ЗУ}})).$$

Шкідливі викиди (CO_2)

$$M_{\text{CO}_2} = 0.04 \cdot C^{\text{P}} \cdot B.$$

Шкідливі викиди (SO_2)

$$M_{\text{SO}_2} = g_{\text{SO}_2} \cdot B.$$

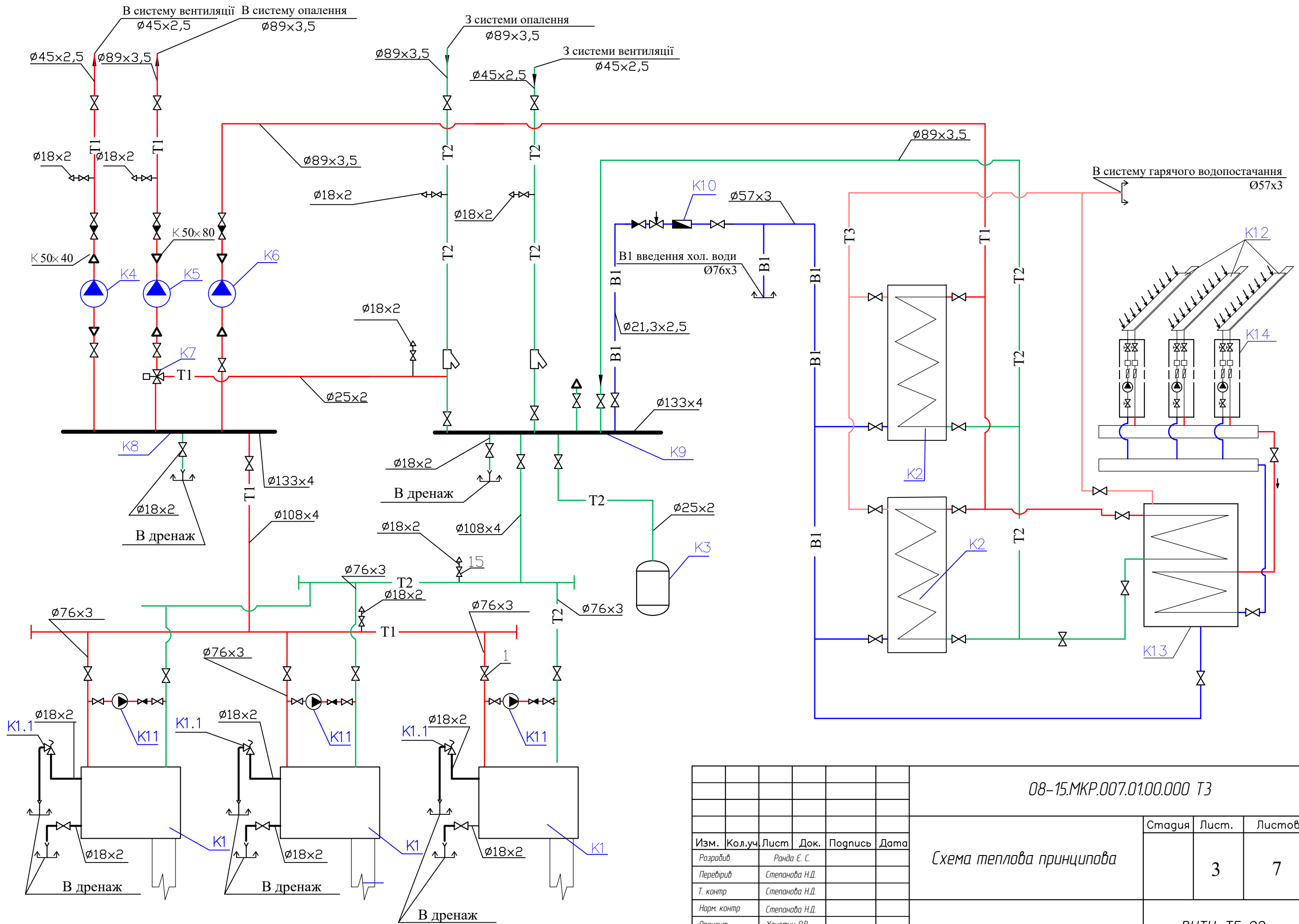
Шкідливі викиди (NO_x)

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \cdot K_{\text{NO}_x} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot B.$$

Додаток Д
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТВЕРДОПАЛИВНОЇ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНИ
У МІСТІ ТУЛЬЧИН**

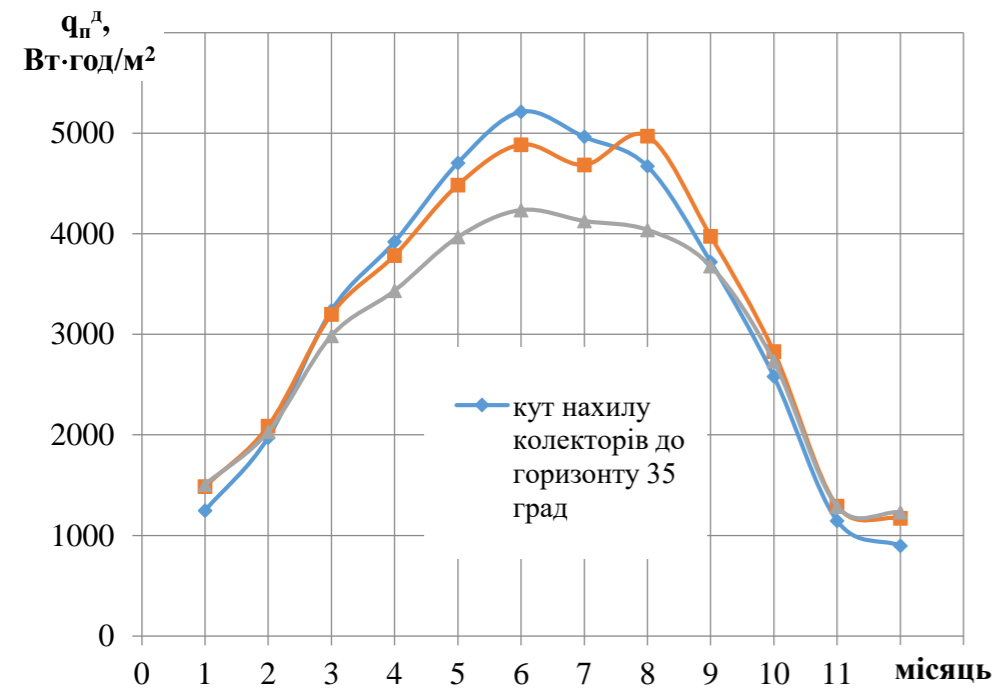


Изм.	Кол.уч.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Разработил			Ранда Е. С.		
Проверил			Степанова Н.Д.		
Т. контр.			Степанова Н.Д.		
Норм. контр.			Степанова Н.Д.		
Опонент			Христин О.В.		
Затвердил			Степанов Д.В.		

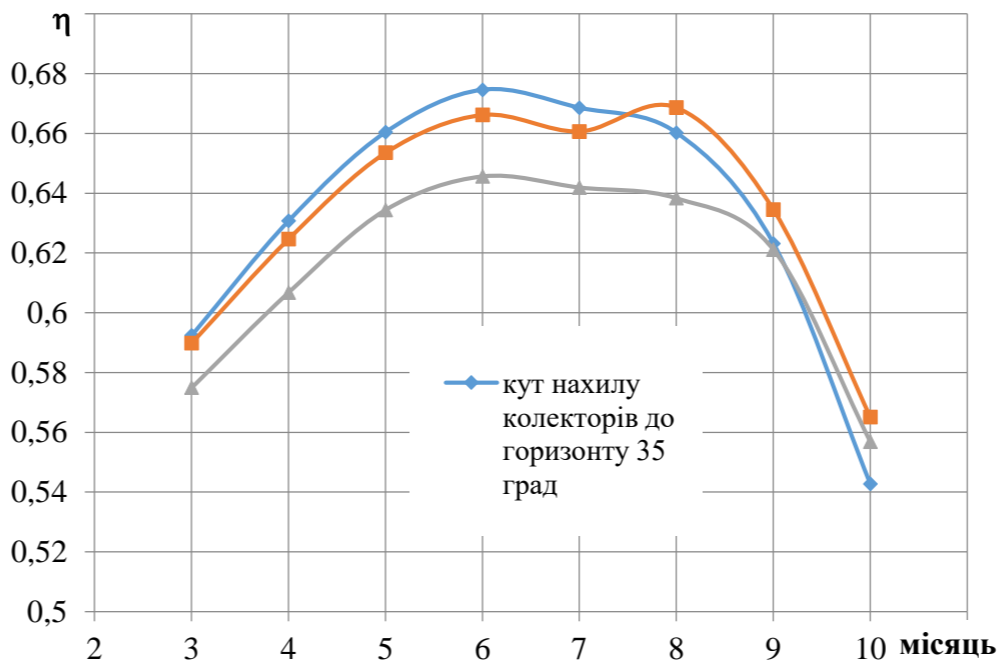
08-15.МКР.007.01.00.000 Т3			
Схема теплова принципова	Стадия	Лист.	Листов
		3	7
ВНТУ, ТЕ-22М			

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОТЯГОМ РОКУ

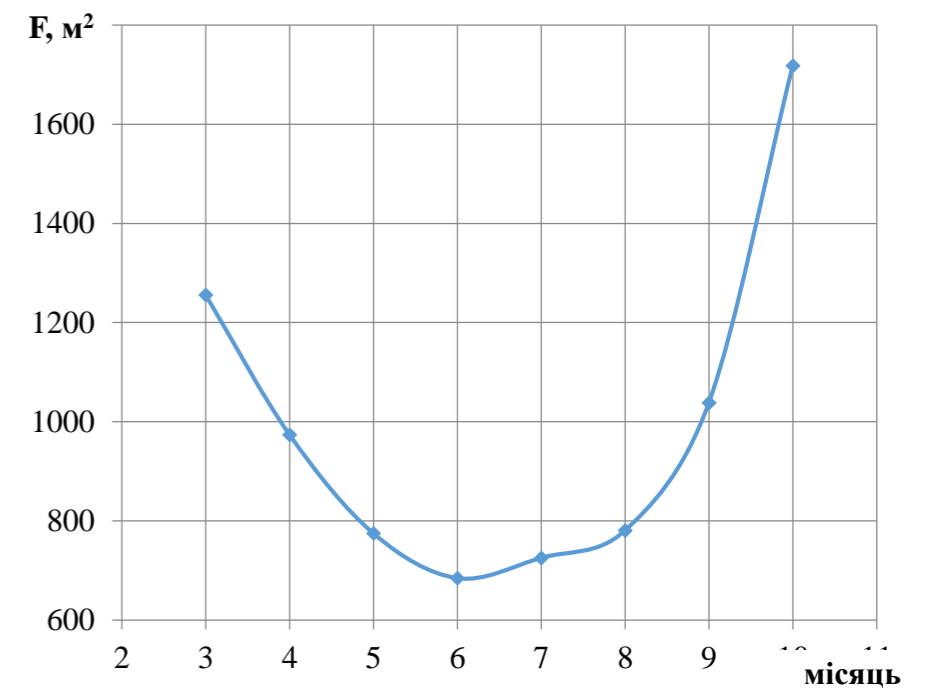
Сумарна добова сонячна радіація $q_{п}^д$, що надходить на площину СК для різних місяців роботи ССГВ



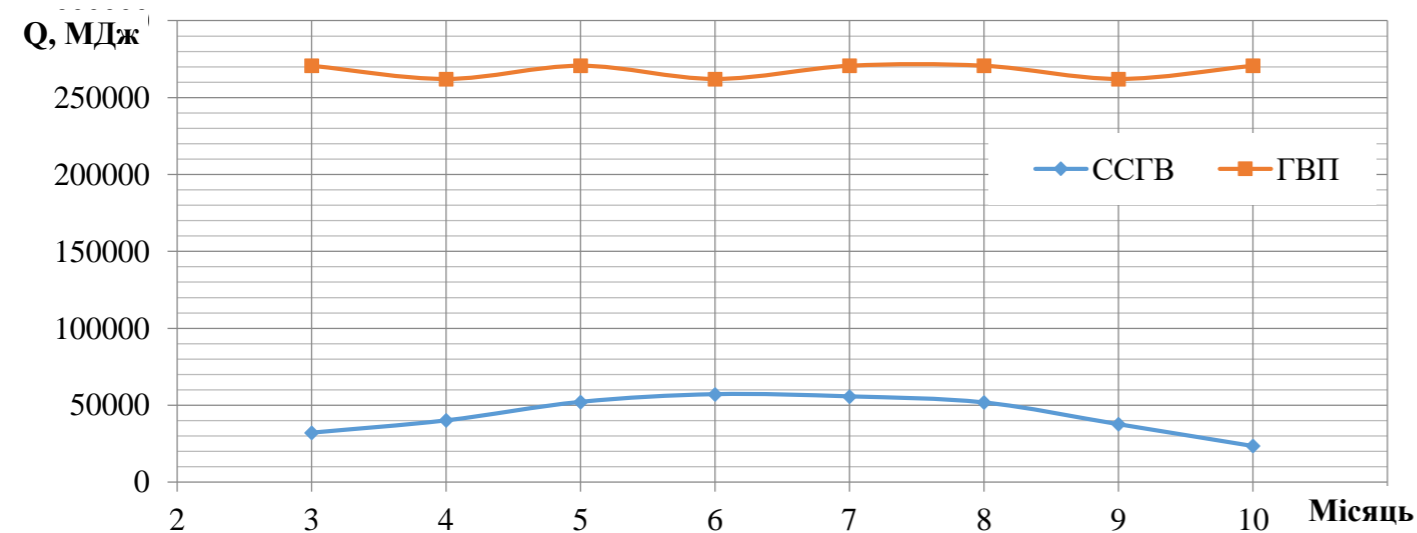
Коефіцієнт корисної дії колектора залежно від місяця роботи



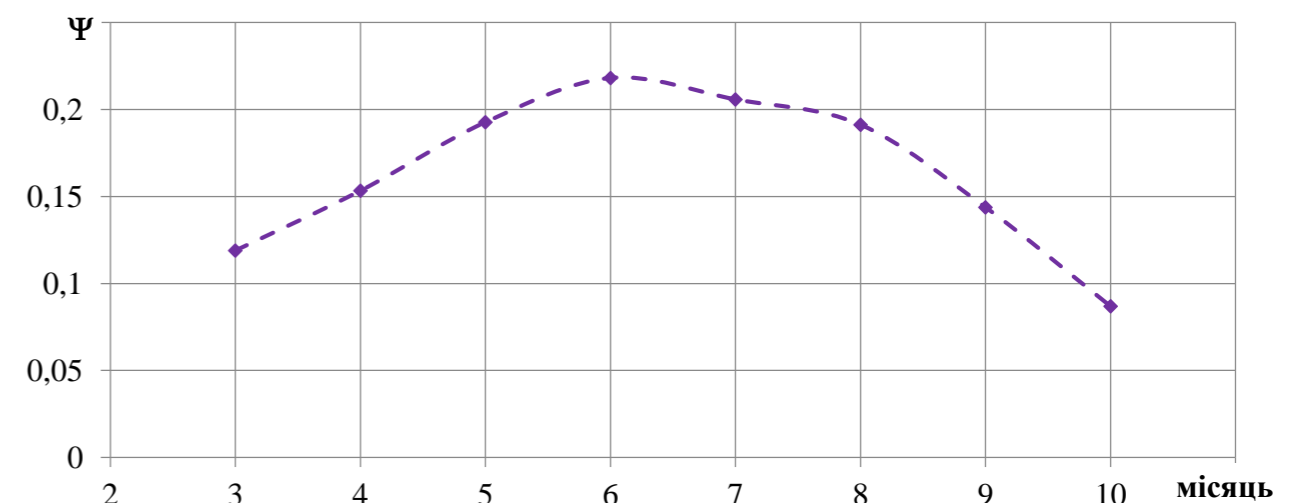
Необхідна площа сонцепоглиняльної поверхні для повного покриття наванта-ження ГВП залежно від місяця роботи колектора



Порівняння виробництва теплоти сонячною системою гарячого водопостачання (ССГВ) та теплоти, відпущеної на ГВП протягом терміну роботи ССГВ

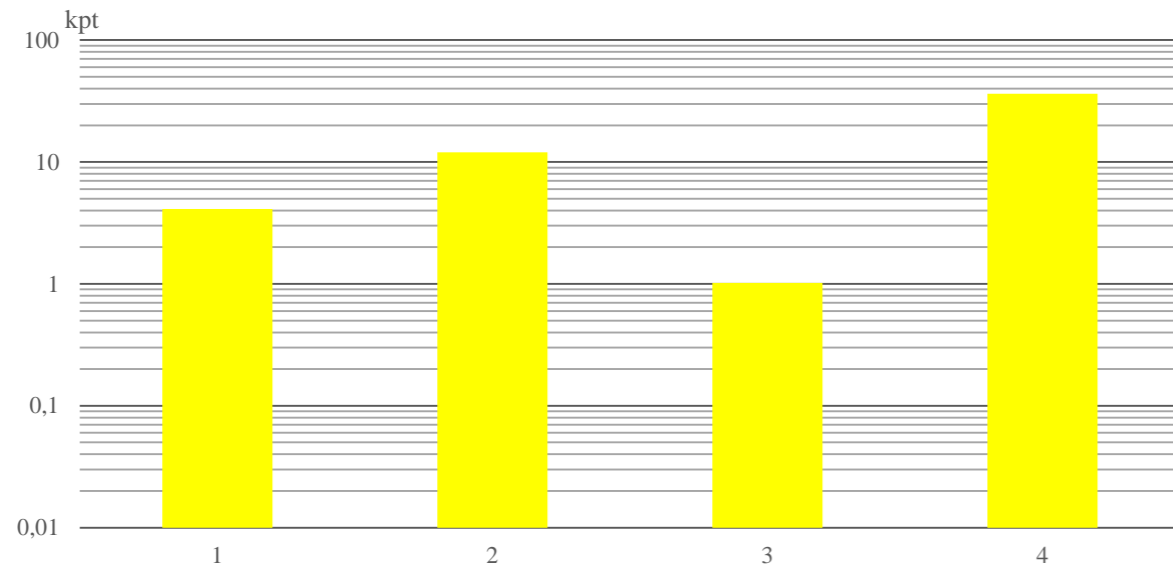


Частка покриття Ψ сонячною системою гарячого водопостачання потреб системи ГВП протягом березня – жовтня

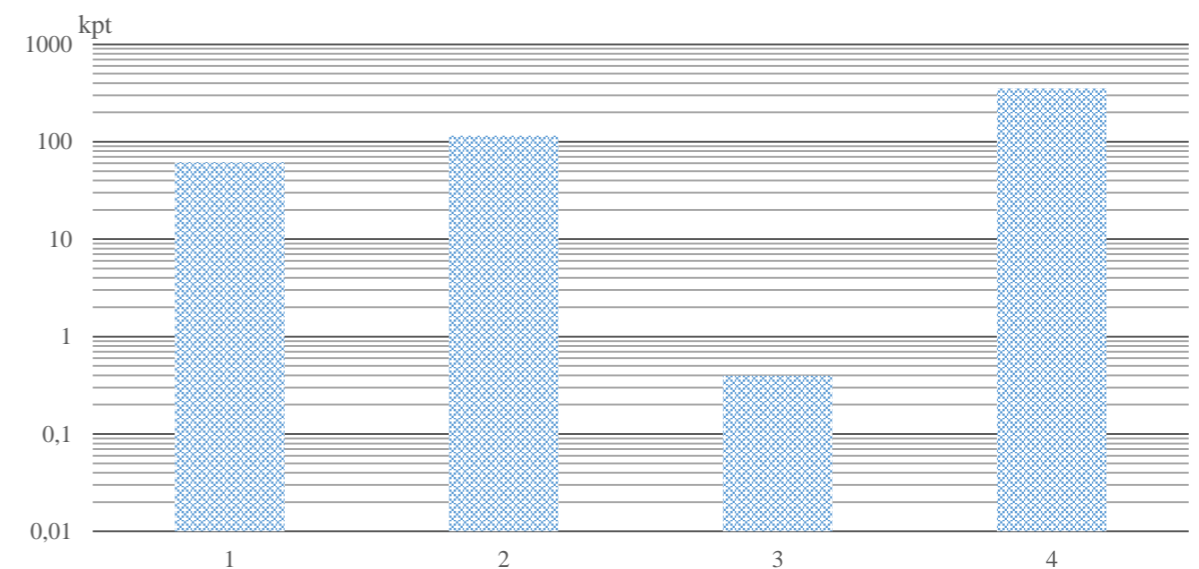


ПОКАЗНИКИ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОТИ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

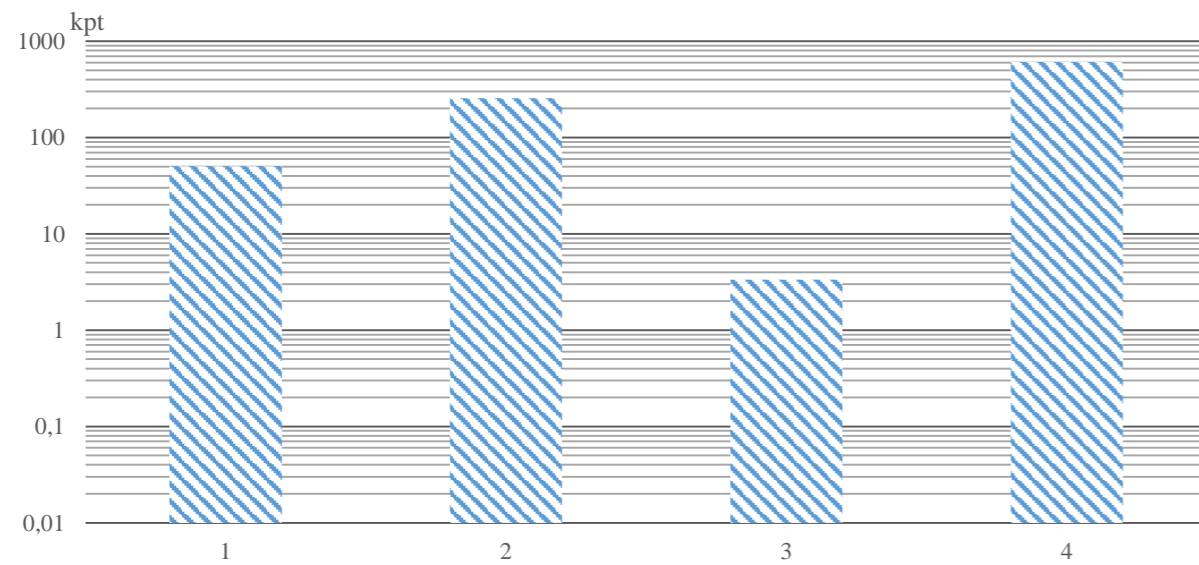
Вплив на різних джерел теплоти на екосистему протягом життєвого циклу



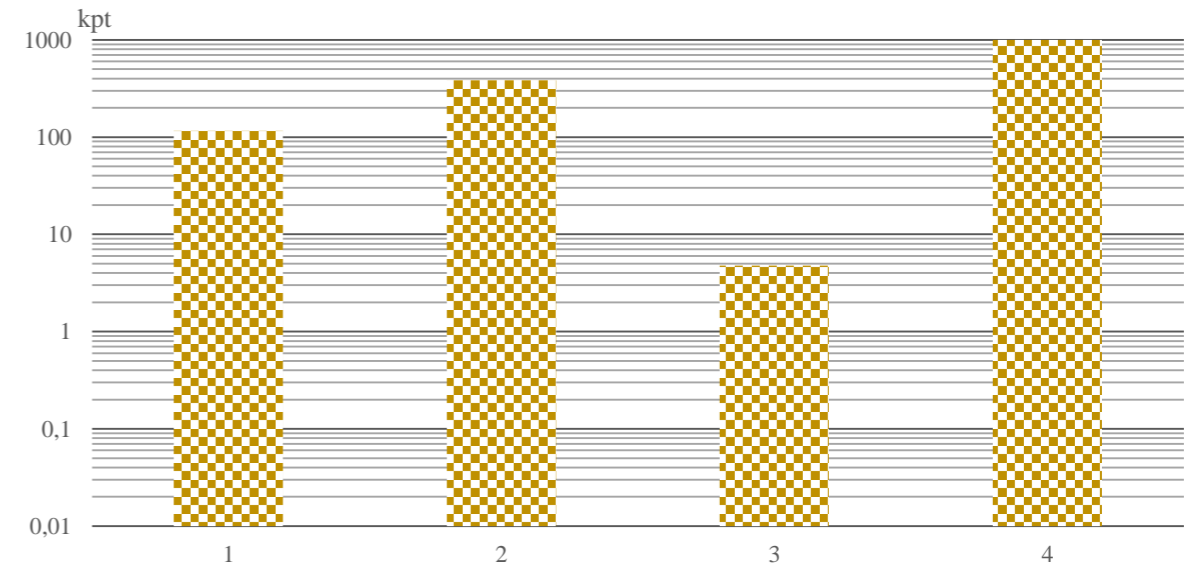
Вплив на різних джерел теплоти на вичерпання ресурсів протягом життєвого циклу



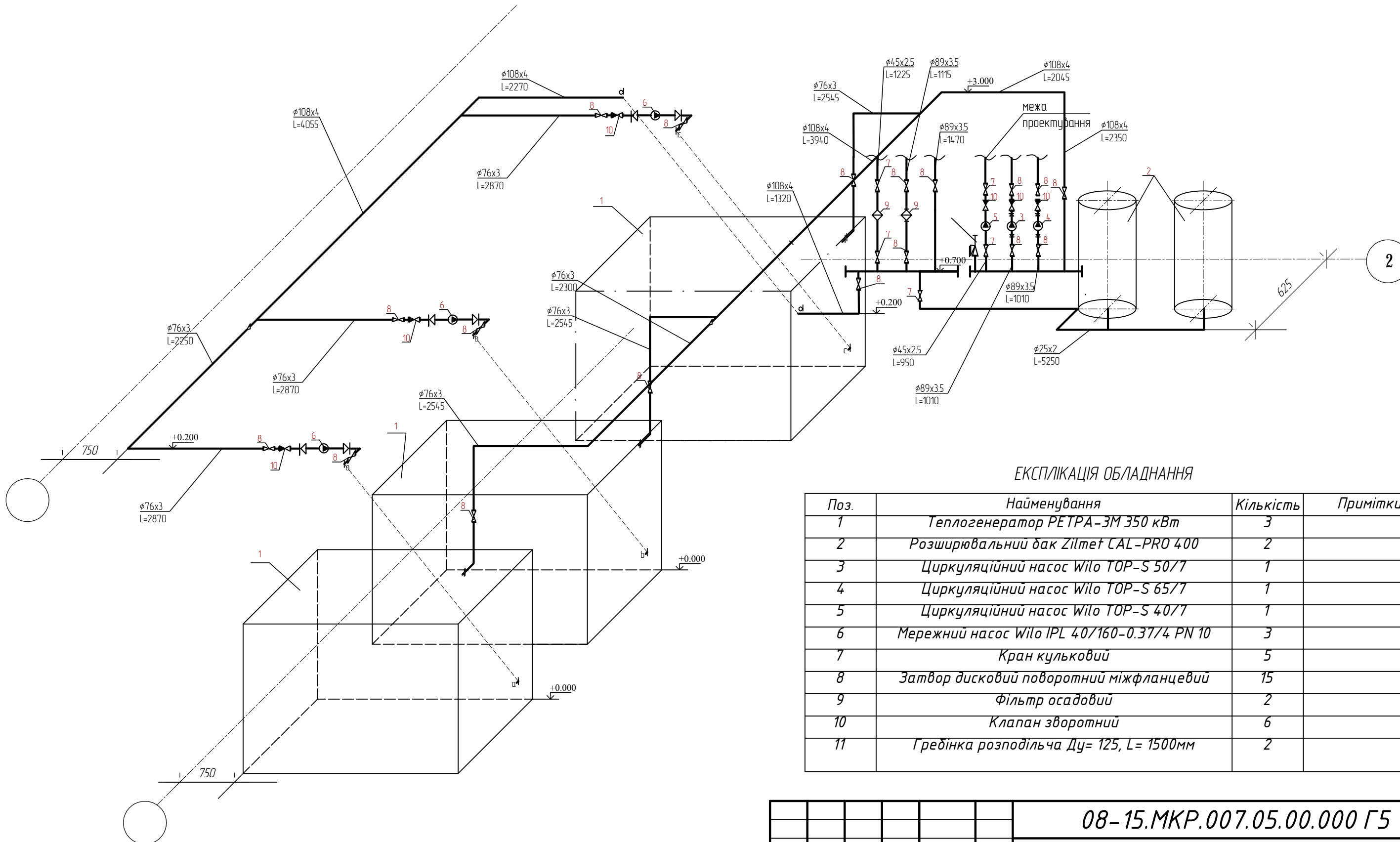
Вплив на різних джерел теплоти на здоров'я людини протягом життєвого циклу



Загальний екологічний вплив різних джерел теплоти протягом життєвого циклу



1 – природний газ; 2 – брикети із бурого вугілля; 3 – тріска з деревини твердих сортів; 4 – електростанція

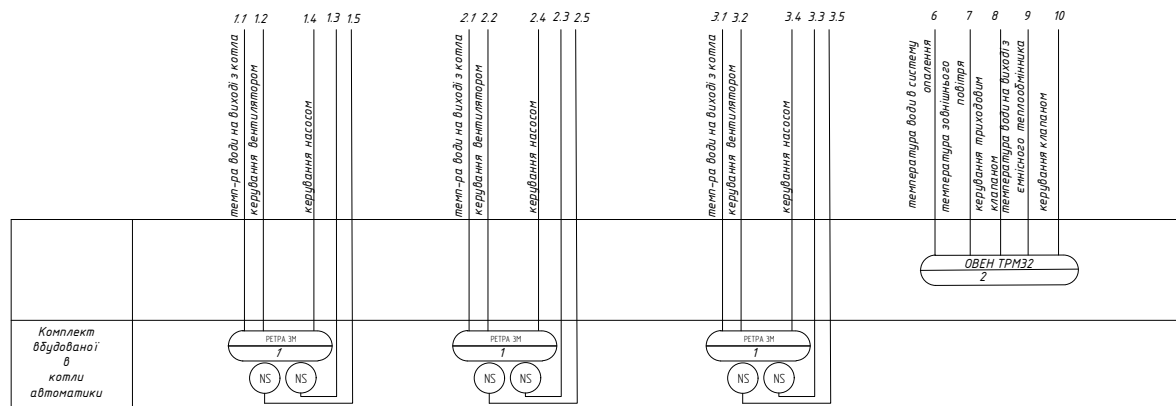
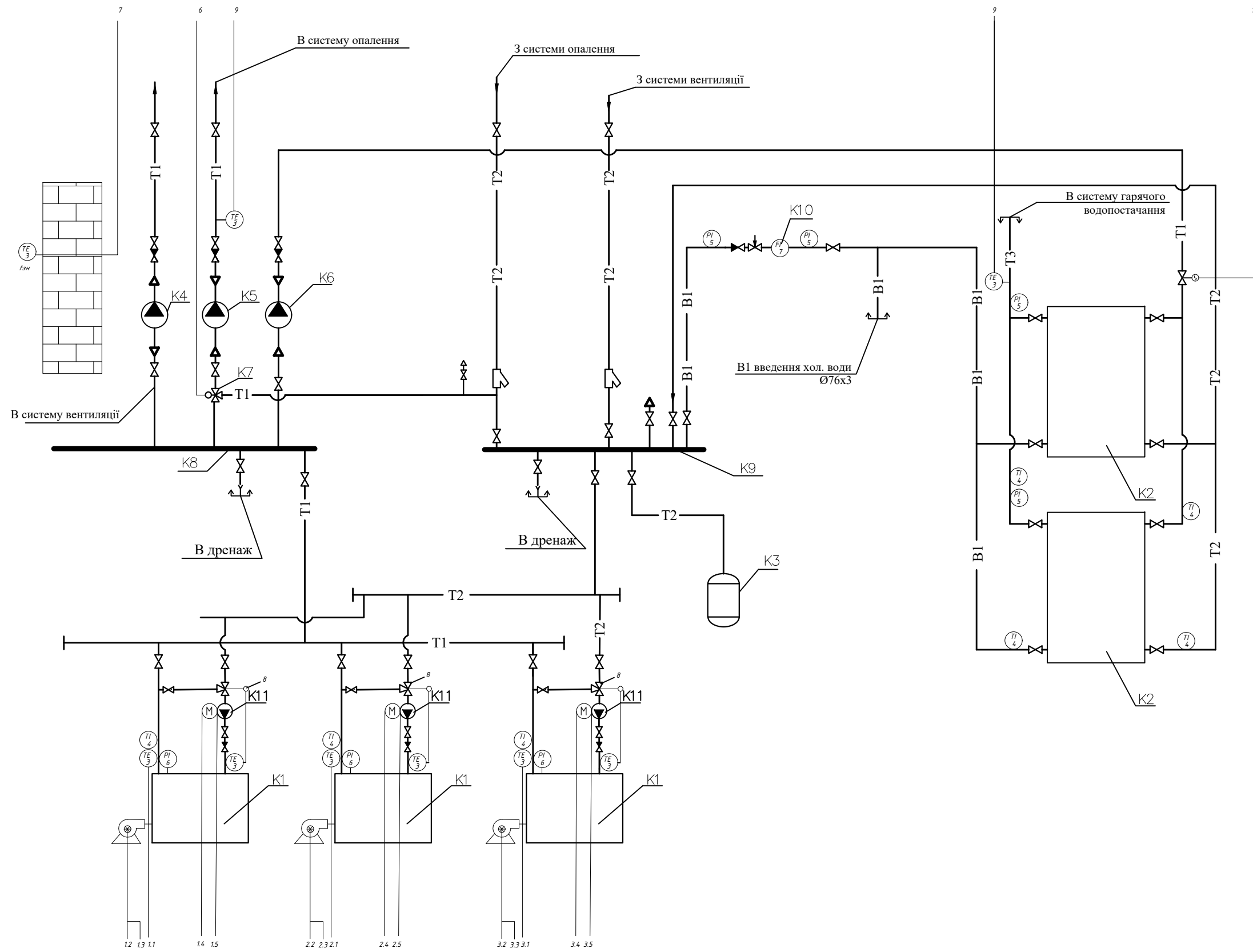


ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Поз.	Найменування	Кількість	Примітки
1	Теплогенератор РЕТРА-ЗМ 350 кВт	3	
2	Розширювальний бак Zilmet CAL-PRO 400	2	
3	Циркуляційний насос Wilo TOP-S 50/7	1	
4	Циркуляційний насос Wilo TOP-S 65/7	1	
5	Циркуляційний насос Wilo TOP-S 40/7	1	
6	Мережний насос Wilo IPL 40/160-0.37/4 PN 10	3	
7	Кран кульковий	5	
8	Затвор дисковий поворотний міжфланцевий	15	
9	Фільтр осадовий	2	
10	Клапан зворотний	6	
11	Гребінка розподільча Ду= 125, L= 1500мм	2	

Соголасовано	
Взам инб №	
Побпись и дата	
Инб. № подл	

08-15.МКР.007.05.00.000 Г5					
м. Тульчин					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив	Ранда Е.С.				
Перевірів	Степанова Н.Д.				
Т. контр.	Степанова Н.Д.				
Норм. контр.	Степанова Н.Д.				
Рецензент	Христин О.В.				
	Степанов Д.В.				
Підвищення енергетичної та екологічної ефективності твердопаливної водогрійної котельні у місті Тульчин				Стадия	Лист
Схема теплогенерувального обладнання монтажна аксонометрична					Листов
ВНТУ, ТЕ-22М					



Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Виконав	Ранда Е.С.				
Перевірив	Степанова Н.Д.				
Т. контр.	Степанова Н.Д.				
Норм. контр.	Степанова Н.Д.				
Рецензент	Христин О.В.				
Затвердив	Степанов Д.В.				

<i>08-15.MKP.007.07.00.000 A2</i>		
Функціональна схема автоматизації водогрійної котельні	Стадія	Масштаб
	Масса	Листов
	Лист	Листов
<i>ВНТУ, гр. ТЕ-22м</i>		

Согласовано

Взам инб №

Подпись и дата

Инв. № подл