

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва , теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-20м
спеціальності 144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Коломієць І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Вінниця ВНТУ - 2021 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

_____ Дмитро СТЕПАНОВ

“ _____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Коломійцю Івану Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2021 року № 277

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи температурний графік мережної води в максимальному режимі $t=80/60^{\circ}\text{C}$; температура сирієї води $t_{\text{в}}=10^{\circ}\text{C}$, Розрахункова зовнішня температура -20°C , потужність системи опалення $Q_{\text{оп}}=128$ кВт, потужність системи гарячого водопостачання $Q_{\text{ГВП}}=55$ кВт, максимальна теплова потужність системи вентиляції $Q_{\text{вент}}=35$ кВт, температура води на гаряче водопостачання 55°C .

4. Зміст текстової частини

Аналітичний огляд літературної інформації; дослідження ефективності твердопаливної водогрійної котельні; розробка теплової схеми котельні з геліоустановкою для системи гарячого водопостачання; організаційно-технологічна частина; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, економічна частина

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

дослідження характеристик роботи котла на різних видах палива; дослідження впливу вологості палива характеристики роботи котла; техніко-економічні показники роботи котельні потужністю 225 кВт з різними джерелами теплоти; дослідження показників роботи геліоколекторів протягом року; схема теплового принципу, план розташування обладнання; функціональна схема автоматизації водогрійної котельні потужністю 225 кВт; план котельні на відмітці +0.000; розріз 1-1; розріз 2-2; схема монтажна аксонометрична; календарний план

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І.М., доц. каф. БЖДПБ		
Економічна частина	Лялюк О.Г. доц. каф. БМГА		

7. Дата видачі завдання 27.09.2021 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Формування та аналізування вхідних даних до магістерської кваліфікаційної роботи	30.09.21	
2	Розробка аналітичного огляду літератури	07.10.21	
3	Дослідження ефективності твердопаливної водогрійної котельні	20.10.21	
4	Розробка теплової схеми котельні з геліоустановкою для системи гарячого водопостачання	25.10.21	
5	Організаційно-технологічна частина	10.11.21	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.21	
7	Економічна частина	06.12.21	
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	11.12.21	

Студент _____
(підпис)

Коломієць І. О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Степанова Н. Д. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.182

Коломієць І. О. Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2021. 126 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 74 назви; рис.: 11; табл. 34.

В магістерській роботі розроблено заходи по підвищенню ефективності твердопаливної водогрійної. Встановлення геліоустановки у тепловій схемі твердопаливної водогрійної котельні дозволить досягти економії вичерпних ресурсів за рахунок відновлювальної енергії. У третьому розділі виконано розрахунок теплової схеми котельні з геліоустановкою та підбір відповідного обладнання. У організаційно-технологічній частині розроблено функціональну схему автоматизації та технологію монтажу теплогенерувального обладнання котельні. У розділі охорона праці проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації котельні, а також проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації котлів. В розділі економічна частина складено локальний кошторис та розраховані основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження, чиста поточна вартість, термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів.

Графічна частина складається з 4 плакатів з результатами теоретичних досліджень та 8 креслень.

Ключові слова : котел, тверде паливо, дрова, теплообінник, тепла схема, математична модель, багатоваріантний аналіз, тепловий розрахунок.

ANNOTATION

UDK 621.182

Kolomiets I.O. Improving the efficiency of fueled boiler. Master's thesis in the specialty 144 - heat energy, educational program - heat energy. Vinnitsa: VNTU, 2021. 126 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 74 titles; fig.: 11; tabl. 34.

In the master's thesis measures are developed to increase the efficiency of solid fuel heating. Installation of a solar system in the thermal scheme of a solid fuel water boiler will allow to achieve the saving of exhaustible resources at the expense of renewable energy. In the third section the calculation of the thermal scheme of the boiler room with solar installation and selection of appropriate equipment is performed. In the organizational and technological part the functional scheme of automation and technology of installation of the heatgenerating equipment of a boiler room are developed. The section on labor protection analyzes the working conditions during installation and operation of the boiler room, as well as analyzes and determines which factors are dangerous and harmful to human life that may be present during installation and operation of boilers. In the section economic part the local estimate is made and the basic indicators of efficiency of investments in the innovative project are calculated: net cash receipts, net present value, payback period calculated by the cumulative method and the method of averaged parameters.

The graphic part consists of 4 posters with the results of theoretical research and 8 drawings.

Key words: boiler, solid fuel, firewood, heat exchanger, thermal scheme, mathematical model, multivariate analysis, thermal calculation.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	7
1.1 Загальна характеристика та класифікація котелень	7
1.2 Вимоги до технічної води	9
1.3 Переваги та недоліки газових котелень	9
1.4 Промислові котельні комплекси на твердому паливі	9
1.5 Біомаса	10
1.6 Твердопаливні котельні	14
1.7 Комбіновані котельні	16
1.8 Екологічно-економічні аспекти використання котелень	18
1.9 Сонячна енергія	19
1.10 Висновки до розділу 1	25
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ	26
2.1 Дослідження показників роботи котла на різних видах палива	26
2.2 Дослідження впливу вологості палива на показники роботи котла	29
2.3 Математична модель оцінки ефективності роботи геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні	31
2.4 Дослідження ефективності роботи геліоколекторів у тепловій схемі котельні	38
2.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти для водогрійної котельні	40
2.6 Висновок до розділу 2	42
3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ГЕЛІОУСТАНОВКОЮ ДЛЯ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	44
3.1 Розробка теплової схеми котельні на твердому паливі	44

	3
3.2 Тепловий розрахунок водогрійного котла потужністю 150 кВт.....	45
3.3 Розробка геліоустановки для системи гарячого водопостачання.....	55
3.4 Підбір обладнання комбінованої системи теплозабезпечення.....	61
3.5 Показники ефективності впровадження системи сонячного гарячого водопостачання.....	73
3.6 Висновки до розділу 3	73
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	75
4.1 Автоматизація теплової схеми твердопаливної частини комбінованої системи теплозабезпечення.....	75
4.2 Технологія монтажу твердопаливної частини комбінованої системи теплозабезпечення.....	77
4.3 Висновки до розділу 4	91
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	92
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	93
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	98
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка можливих наслідків вибуху газу в разі аварії в твердопаливній котельні м.Запоріжжя.	106
5.4 Висновок до розділу 5	110
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	111
6.1 Локальний кошторис	111
6.2 Простий термін окупності.....	112
6.3 Висновки до розділу 6	115
ВИСНОВКИ	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	119
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання	127
Додаток Б (обов'язковий). Локальний кошторис	132

ВСТУП

Актуальність теми. Потреба в теплі є актуальною проблемою у холодну пору року для кліматичного регіону м. Запоріжжя. Аналізуючи екологічні, експлуатаційні та економічні фактори виробництва теплоти [1] перевага у виборі джерела теплоти для системи опалення віддається котлам на природному газі. Передусім це можна пояснити високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) сучасних газових котлів (перевищує 91%), їх відносною екологічністю та простотою експлуатації. Суттєвою вадою котелень, що працюють на природному газі є підвищена вибухонебезпека

На використання того чи іншого типу котельного обладнання суттєво впливає стан економіки країни. Так постійне зростання тарифів на газ змушує багатьох власників котелень переводити їх на інші види палива. Останнім часом у індивідуальному теплопостачанні популярними видами палива є дрова [2], деревні гранули та вугілля. Досить гідною заміною котельням, що спалюють органічне паливо, є електрокотельні та теплонасосні установки (ТНУ). Вибір того чи іншого варіанту джерел теплоти потребує детального вивчення у певних конкретних умовах. Тому тема роботи є актуальною.

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

Мета і задачі досліджень. Теоретичне обґрунтування використання поновлюваних джерел енергії, покращення екологічних показників та зменшення споживання викопного палива шляхом впровадження технології спалювання деревини та енергії Сонця у тепловій схемі котельні.

У зв'язку з цим поставлені задачі:

- розробити математичну модель та методику оцінки ефективності роботи твердопаливного котла та геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні;
- дослідити показники роботи твердопаливного котла потужністю 150 кВт на різних видах палива;
- дослідити вплив вологості твердого палива на показники роботи котла;
- дослідити показники роботи геліоустановки при різних кутах нахилу до горизонту;
- обґрунтувати вибір характеристик елементів теплової схеми котельні з геліоустановкою;
- розробити функціональну схему автоматизації теплової схеми твердопаливної частини котельні;
- розробити технологію монтажу теплової схеми котельні.

Об'єкт дослідження – твердопаливна водогрійна котельня.

Предмет дослідження – теплообмінні процеси у основному теплогенерувальному обладнанні твердопаливної водогрійної котельні.

Методи дослідження – математичне моделювання для дослідження показників ефективності водогрійного котла, геліоколекторів та котельні.

Науково-практична новизна одержаних результатів.

Набули подальшого розвитку і ефективного використання енергоносіїв на базі роботи твердопаливної котельні, за рахунок оцінки ефективності роботи котельні з різними джерелами енергії, за допомогою визначення співвідношення потужності енергетичного обладнання та експлуатаційних витрат. Доведено ефективність встановленням геліоколекторів для гарячого водопостачання. Показано, що застосування геліоустановок та твердопаливних котлів призводить до зниження споживання основного палива котельнею та зменшення надходження шкідливих речовин під час спалювання палива у навколишнє середовище (NO_x) (на 20,62 %) у порівнянні із водогрійною котельнею на твердому паливі.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи рекомендується використовувати для збереження паливно-енергетичних ресурсів

в існуючій котельні за рахунок оцінки ефективності роботи твердопаливних котлів з різними джерелами теплової енергії шляхом визначення показників екологічної досконалості, запропонованою сонячною системою теплопостачання, витрат енергетичних ресурсів з урахуванням кліматичної зони об'єкту, складу та потужностей теплогенерувального устаткування та сучасних тарифів на енергоносії.

Особистий внесок здобувача: здобувача полягає в розробці теплової схеми твердопаливної котельні з сонячною системою для гарячого водопостачання та розробленні оцінки її енергетичної ефективності.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на міжнародних конференціях: "Енергоефективність в галузях економіки України-2019", "Інноваційні технології в будівництві - 2020", "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" (2019 р.), "Енергоефективність в галузях економіки України – 2021". Апробація роботи була представлена у II турі Всеукраїнського конкурсу наукових робіт (2021 рік).

Публікації. Результати роботи опубліковані у 7 тезах доповідей конференцій [1-7].

Структура і обсяг магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, шістьох розділів та висновків. Використано 74 наукових джерел за переліком посилань. Обсяг роботи – 126 сторінок, включаючи 11 ілюстрацій, 34 таблиці.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Загальна характеристика та класифікація котелень

Твердопаливні котельні – недороге і економічне джерело теплової енергії. Призначені для організації теплопостачання промислових, адміністративно-побутових об'єктів, житлових будинків і споруд. Вони можуть працювати на багатьох видах твердого палива: торф, вугілля, дрова, паливні гранули, тріска, макух та інші відходи сільськогосподарських зернових культур. Котельню, яка працює на твердому паливі, зокрема котельню на дровах, вигідно встановлювати в лісових районах, де в якості палива використовуються деревина. Як паливо, при відсутності дров, для твердопаливної котельні можуть використовуватися вугілля, пелети відходи деревообробки. Найчастіше твердопаливні котельні встановлюють на території деревообробних підприємств. Витрати на вироблення тепла при використанні твердого палива, на відміну від котелень, що працюють на газі або дизпаливі, в три рази нижче [6].

Сучасні котельні є високотехнологічними комплексами, що об'єднують теплогенератори (котли), різне допоміжне обладнання котелень а також засоби автоматизації, призначені для генерування теплової енергії. На класифікацію сучасних котелень впливають такі фактори:

- призначення (опалювальні, промислові та промислово-опалювальні);
- розміщення відносно інших будівель і споруд (окремо розташовані, вбудовані-прибудовані, дахові);
- використовуване паливо (твердопаливні, газові, рідкопаливні, багатопаливні);
- встановлені теплогенератори (котлів) (парові, водогійні, змішані, діатермічні);
- кількість споживачів, що обслуговує (автономні, групові,

районні).

Основним приладом будь-якої котельні є котельний агрегат (котел).

Класифікація котлів досить різноманітна і залежить від використовуваного палива, продуктивності, міцності, призначення, робочого тиску тощо.

В свою чергу, котел складається з топкової камери (топка), яка призначена для спалювання в ній палива та поверхні нагріву (топкові рубашка) – система труб в яких рухається робоче середовище (вода, пара, пароводяна суміш).

Температура в топці може досягати 1600-1800°C, і завдяки променевому теплообміну між гарячими газами і топковими поверхнями нагрівається робоче середовище. У економайзерах димові гази, що виходять із топкової камери, підігрівають воду.

Ефективності роботи котла сприяє цілий ряд допоміжного обладнання котельні, а найперше – система паливоподачі. Для теплогенераторів, що спалюють деревину (дрова), необхідні установки для приготування і подачі твердого палива в топкову камеру або людина, яка буде підкидувати паливо. Газове господарство – для котлів на газовому паливі. Для забезпечення процесу горіння окисником, необхідно подавати значну кількість повітря в топкову камеру – з цією метою у теплогенераторах встановлено дуттєві вентилятори. Призначення димососів : видалення димових газів. Для очищення відпрацьованих газів у системі димовидалення перед димовою трубою встановлюються спеціальні фільтри і зололовлювачі. Твердопаливні котли мають також пристрої для видалення шлаку і золи з топкової камери.

Перевагами твердопаливних котелень є мінімальна вартість теплової енергії та простота в експлуатації [7].

1.2 Вимоги до технічної води

З метою уникнення корозії та накипу, що знижує ефективність котлоагрегата, технічна вода має бути позбавлена будь-яких домішок і солей. Тому система водопідготовки є одним з найважливіших елементів в сучасних умовах. Спочатку вода пропускається через фільтри з активованим вугіллям і таким чином очищується від зайвих домішок і солей. Використані з цією метою фільтри потребують постійного промивання спеціальним сольовим розчином. Після фільтрів очищена вода надходить до деаератора, де під впливом температури і тиску з неї видаляють зайвий кисень, який негативно впливає на роботу котлоагрегата. Завдяки цій процедурі до котла надходить чиста вода [7].

1.3 Переваги та недоліки газових котелень

Більшість опалювальних котелень на теперішній час працюють на природному газі. Це логічно пояснюється високим ККД сучасних газових котлів (що досягає 100% у конденсаційних моделях), відносною екологічною чистотою і повнотою спалювання палива, простотою в експлуатації у порівнянні з іншими типами теплогенераторів. Але недоліком газових котелень є їх підвищена вибухо- та пожежонебезпека, що пов'язана з необхідністю підвищення тиску газу для повноцінного його згорання. Монтаж газових мереж вимагає високої точності і якості. Помилки (нещільності) призведуть до витoku газу і як наслідок до пожежі чи вибуху.

1.4 Промислові котельні комплекси на твердому паливі

При виборі твердопаливних котлів для підприємств більшість покупців не враховує можливості зупинки котла для технічного обслуговування (чищення, ремонту), навантажень у різні пори року, а також можливості появи різного роду форс-мажорних обставин (виходу з ладу обладнання або деяких його складових).

Найкращим, але не значно дорожчим вирішенням цієї проблеми є встановлення пари котлів меншої потужності, які поодиночі можуть частково перекрити необхідну потужність для обігріву або інших технологічних процесів.

Також при виборі твердопаливного котла потрібно орієнтуватись на доступні види палива та враховувати, чи буде обраний котел ефективно працювати саме на цьому паливі (дрова, кускові відходи, паливні гранули, тирса, тріска).

І побутові, і промислові твердопаливні котли потребують належної уваги, для чого слід мати обслуговчий персонал належної кваліфікації. Для уникнення різного роду проблем потрібно чітко виконувати інструкції та рекомендації виробників котлів.

Наостанок зауважимо: треба враховувати, що котли, які виробляються в Україні та в Європейському союзі, мають подібні технічні та економічні показники, але зазвичай котли однакової теплової потужності Європейського виробництва будуть у декілька разів дорожчими, тому, обираючи відповідне обладнання, особливу увагу слід приділити саме виробам української промисловості.

1.5 Біомаса

Основними технологіями спалювання деревної біомаси, що наразі використовуються, є спалювання в пальниках ретортного типу, спалювання на решітках та ін. Пряме спалювання є добре відпрацьованою технологією і відрізняється своєю простотою та доступністю. Сучасне вдосконалення цих технологій іде шляхом вирішення проблем забруднення навколишнього середовища, пристосування до використання різних видів палива, підвищення ефективності спалювання.

Спалювання в шарі є основною технологією спалювання біопалива а за конструкцією містить: паливну решітку, на якій відбувається процес горіння,

механічний, гідравлічний чи пневматичний паливо-живильний пристрій, систему подачі окисника та видалення золи. Під решітку подається первинне повітря, що через отвори проникає в шар палива, де викликає процес газифікації горючих газів. Над шаром палива (в зону окислення) подають вторинне повітря, що супроводжує процес згоряння. Зола, що утворилась у процесі спалювання, періодично видаляється шляхом струшування, зіскрібання, зрушення або чищення.

Котли з киплячим (при тепловій потужності понад 5 МВт) або циркулюючим киплячим шаром (більше 20 МВт) використовують для спалювання твердих біопалив із різним фракційним складом, підвищеним вмістом золи, сумішей різних видів палив.

Використання соломи, як палива, можливо у вигляді або цілих тюків (періодичне спалювання) або з попереднім подрібненням тюків. Але найбільш зручним є спалювання гранул або брикерів із соломи у пальниках ретортного типу або на колосникових решітках. Протягом декількох років в Україні спостерігається значний розвиток виробництва гранул із соломи. Переважна більшість вироблених в країні гранул з соломи постачається на експорт, проте останнім часом намітилась позитивна тенденція збільшення споживання гранул з соломи на теренах України. Проблема використання таких гранул пов'язана з їх хімічним складом та технічними обмеженнями щодо недосконалості їх спалювання у котлах призначених і широко розповсюджених для деревних гранул.

Водогрійні котли на біопаливі можуть використовуватись як для індивідуального опалення, так і в системах централізованого тепlopостачання. В якості опалювального обладнання, в залежності від потужності та виду палива, можуть використовуватись котли та теплогенератори з ручним або автоматичним завантаженням палива. Спалювання сипких деревних відходів і гранул в котлах потужністю до 2 МВт реалізується з автоматичним подаванням та відбувається в спеціальному пальнику або реторті з нижнім або верхнім подаванням сировини. В котлах потужністю від 800 кВт в більшості встановлюють

похило-перештовхувальні решітки. Надійність роботи котла при зміні погодних умов досягається вибором такої потужності, що забезпечить по можливості тривалу його роботу із стабільною продуктивністю (в базовому режимі). В таких умовах залучають котли на газовому або рідкому паливі для покриття пікових теплових навантажень, що підключені до системи опалення паралельно до котлів на біомасі. Котли на біомасі при цьому мають встановлену теплову потужність в межах від 40 до 70% розрахункового теплового навантаження споживачів і визначають техніко-економічним обґрунтуванням.

За наявності вільного місця для розміщення обладнання паливоподачі теплогенератор на біопаливі може бути встановлений в існуючій котельні, а може бути у вигляді окремої модульної котельні. Для компенсації добової нерівномірності споживання теплоти і захисту від перегріву інколи рекомендують обладнувати котельні на біомасі водяним баком-акумулятором. Об'єму бака-акумулятора визначають із умови, що на 1 кВт встановленої потужності котла припадає 10 л бака-акумулятора.

Фактори, що впливають на ефективність виробництва теплової енергії з біомаси:

- надійність постачання паливної сировини;
- якісне обладнання та відповідні сировині технології;
- умови безпечної експлуатації та забезпечення екологічних, санітарних, будівельних та пожежних норм;
- оптимальні затрати.

Надійне забезпечення об'єктів теплоенергетики паливною сировиною є однією із суттєвих проблем реалізації біоенергетичних проектів в Україні. Особливості організації доставки біопалива передусім залежать від виду сировини – чи то аграрних відходів, таких як солома чи стебла кукурудзи, деревини чи деревних відходів, або ж готового покращеного біопалива у вигляді гранул та брикетів. Зовнішніми факторами впливу на схему організації доставки є відстань перевезення, дороги і рельєф місцевості, клімат та масштаб проекту.

Організація заготівлі біомаси характеризується сезонністю, що особливо чітко проявляється у разі використання біомаси сільськогосподарського походження. Доступність агробіомаси визначається погодними умовами, періодом збирання врожаю культури та агротехнічними вимогами.

На теперішній час виробники теплової енергії з біомаси переважно переймаються лише транспортною логістикою. Поміж тим, відсутність розвинутого ринку біопалива змушує споживачів біомаси займатися питаннями заготівлі та складування для тривалого зберігання. Розширення організаційної схеми логістики дозволяє зменшити поряд із організаційно-технічними ризиками, ще й витрати на біопаливо, що суттєво впливає на собівартість теплової енергії. В Україні існує позитивний досвід компаній, що самостійно займаються заготівлею деревних відходів та соломи, вирощують енергетичні культури, виробляють гранули й брикети для забезпечення власних об'єктів паливом та забезпечують замкнутий цикл від заготівлі біомаси до виробництва теплової енергії.

Використання біомаси для виробництва теплової енергії потребує реконструкції існуючих або будівництва нових джерел теплової енергії.

Потужність теплогенеруючого обладнання та планові обсяги споживання теплової енергії на об'єктах бюджетної сфери¹³ визначаються на основі питомих опалювальних характеристик¹⁴ будівель у залежності від їх призначення та регіону. Детальні вимоги до підготовки проектів будівництва будуть описані в наступних розділах.

Площа ділянки, що необхідна для будівництва котельні, визначається прийнятими технічними рішеннями щодо її потужності, видом палива та типом котельного обладнання. Територія для розміщення котелень на твердому паливі визначається під час планування забудови і за теплопродуктивності котельні 5-10 Гкал/год складає не менше 1 га, а для котельні 10-50 Гкал/год – 2 га, для 50-100 Гкал/год – 3 га, для 100-200 Гкал/год – 3,7 га та при теплопро-

дуктивності 200-400 Гкал/год – 4,3 га. Якщо вимоги, що регламентуються іншими нормативними документами дотримуються, то площі ділянок для будівництва котельні можуть бути зменшені.

1.6 Твердопаливні котельні

Теплова енергія відіграє важливу роль при виробництві сільськогосподарської продукції, вона використовується для теплопостачання на побутові та технологічні потреби. У фермерських господарствах теплова енергія використовується для сушки кормів, кормоприготування, при пастеризації молока, пропарюванні фляг, на санітарно-гігієнічні потреби, а також для створення комфортних умов праці. Для генерації теплової енергії найбільш часто використовуються котельні установки, які працюють на природному газі. Основним їх недоліком є висока ціна на газ, а також має місце проблема забруднення навколишнього середовища.

В сучасних системах опалення є актуальним питання використання альтернативних джерел палива, які є більш дешевшими і менше забруднюють навколишнє середовище. Найбільш доцільним у сьогоденні умовах є переобладнання газового котла на тверде паливо – відходи від сушки та обробки деревини. Використання відходів деревини в якості палива сприяє створенню безвідходного виробництва деревообробних підприємств. Порівняно з газом, витрати на опалення відходами деревини скорочуються більш ніж на 78%. Для розв'язання поставленої задачі досліджено процес горіння, який забезпечує максимально ефективно спалювання відходів деревини та підвищення ККД топки і котла в цілому.

Аналіз впливу вологості палива, температури газів на ефективність роботи котлів для спалювання деревини та горючих відходів с/г виробництва з використанням методики моделювання процесів горіння.

В процесі переробки деревини залишається велика кількість відходів, які можна використовувати як паливо для котлів. Тому перевагу при виборі котельного агрегату мають твердопаливні котли тривалого горіння.

Твердопаливні котли тривалого горіння практично універсальні. Ці котли можуть бути встановлені в промислових і адміністративних будівлях, і служити для локального опалювання, або для нагріву води в системі гарячого водопостачання.

Сучасні промислові компанії пропонують два основні види котлів: котел опалювальний твердопаливний і котел водогрійний твердопаливний.

Котли автоматичні. Класична котельня є системою, в яку входить котел опалювання з пальником і бункером. Під час роботи в пальник подається тверде гранульоване паливо. Котел твердопаливний автоматичний обладнаний електричним тепловентилятором. Гаряче повітря, що надходить за рахунок обертання вентилятора, прямує на гранули в пальнику. Котел твердопаливний автоматичний споживає до 1,3 кВт. Таке устаткування, на відміну від звичайних котлів з пальниками ручної подачі, досить зручне, оскільки дозволяє економити на послугах технічного персоналу. Твердопаливний опалювальний котел характеризується мінімальними залишками золи, зручністю обслуговування, екологічністю і можливістю істотної економії за рахунок безвідходної переробки палива.

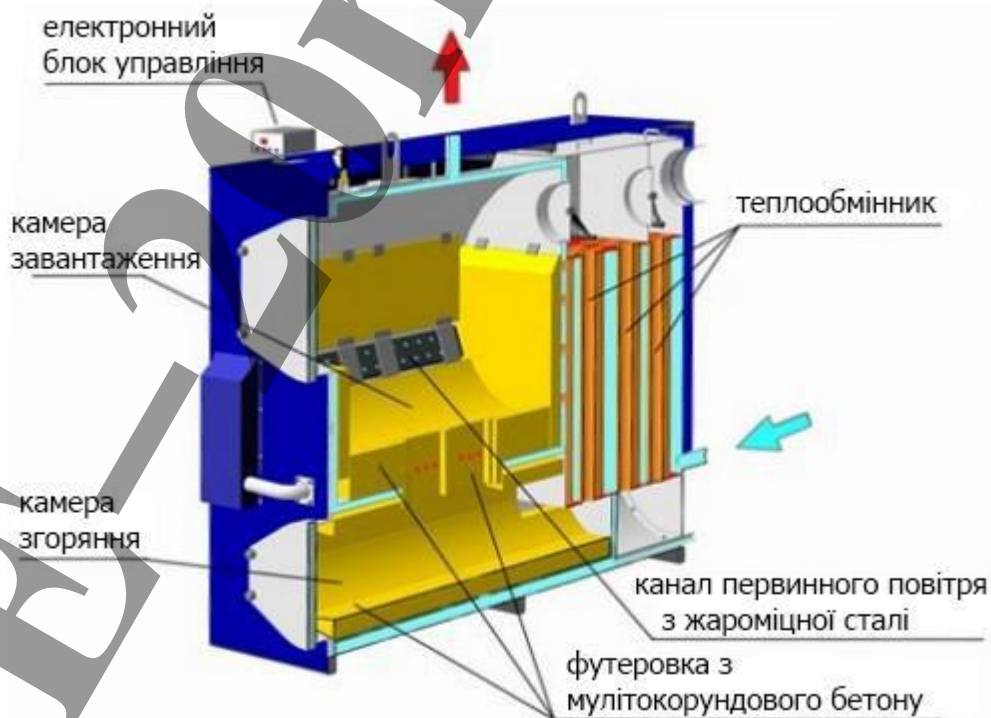


Рисунок 1.1 – Котел тривалого горіння

Твердопаливні котли тривалого горіння більш економічні в порівнянні із звичайними котлами, оскільки не мають необхідності в постійній подачі палива, і найбільш зручні в управлінні, оскільки оснащені спеціальними системами, що дозволяють регулювати багато параметрів роботи котла, у тому числі і рівень горіння. Твердопаливний котел тривалого горіння, не дивлячись на високу потужність і велике споживання палива, відповідає всім вимогам екологічності.

1.7 Комбіновані котельні

Комбінованими (багатопаливними) вважаються такі котельні, в яких присутні два види палива і відповідно два комплекси подачі палива. Найчастіше котли забезпечуються комбінованими пальниками, що працюють на природному газі і на дизельному паливі. При цьому один вид палива вважається як основний, а інший як резервний або аварійний. Головна перевага комбінованих котелень в тому, що з ними простіше пристосуватися до місцевих умов проживання. Наприклад, почати опалювати будинок дровами, а після газифікації району поставити на котел газовий пальник (атмосферного типу, не вимагає електроживлення) [7].

Комбіновані системи теплопостачання отримали широке поширення в багатьох країнах (Данія, Франція, Швеція та ін.).

Принцип роботи КСТС полягає в наступному: від системи централізованого теплопостачання через теплообмінник (СЦТС) теплоносій з постійною або змінною температурою подається в бойлер-теплоутилизатор. Витрата або температура теплоносія регулюється за допомогою системи автоматики залежно від параметрів теплоносія в бойлері-теплоутилізаторів.

В цей же бойлер-теплоутилизатор надходить тепла енергія від котлів, що працюють на різних видах палива, від сонячних колекторів, від теплових насосів і від джерел вторинної теплової енергії.

У теплий період року розрахункове споживання теплової енергії може бути забезпечено за рахунок альтернативних низькотемпературних джерел тепла. При цьому ГТЕ і СЦТС можуть бути відключені. При збільшенні споживання теплової енергії автоматично збільшується відбір теплоносія від СЦТС. У холодний період року, коли споживання теплової енергії ще сильніше збільшується, включається ГТЕ. СЦТС може подавати споживачеві теплоносії з постійною температурою або змінної. Витрата теплоносія при цьому регулюється автоматично залежно від температури в бойлері-теплоутилізаторів.

Тепло від сонячних колекторів використовується сезонно. При використанні в якості теплоносія етилен-гліколю тепло сонячної енергії може використовуватися круглий рік в денний час.

Низькопотенційне тепло, накопичене в повітрі, землі, водоймах або в якості скидання вторинного тепла на підприємствах (охолодження обладнання, каналізаційні стоки), перетворюється за допомогою теплового насоса і накопичується в бойлері - теплоутилізаторі.

Теплова енергія від ТВЕР надходить під час скидання такої енергії, при роботі джерел ТВЕР.

Для управління роботою КСТС необхідно враховувати особливості експлуатації сонячних колекторів та вітроагрегатів, а так само ТВЕР. Така схема КСТС дозволяє використовувати енергію сонця, вітру, ТВЕР, що знижує витрату палива на СЦТС і ГТЕ до 30%.

Використання ГТЕ в якості пікового підігрівача забезпечує стабільне і динамічний теплопостачання споживача тепловою енергією від різних джерел.

Піковими підігрівниками можуть бути високоефективні ГТЕ, в яких теплову енергію отримують при спалюванні нетрадиційних видів палива, в тому числі твердих побутових відходів.

Впровадження в реальну практику теплопостачання комбінованих схем є вельми перспективною і економічно виправданою завданням. Наявність в

комбінованій схемою бака-теплоутилизатора дозволяє прийняти будь-які види теплової енергії від будь-яких джерел, що працюють з різними параметрами теплоносія. Важливим моментом в пропонованій нами схемою є те, що приєднання різних теплогерел може відбуватися послідовно в міру їх виникнення і використання.

Слід також наголосити на важливості впровадження комбінованих схем з екологічної точки зору, так як використання поновлюваних джерел енергії значно скорочує кількість палива і отже шкідливих викидів від його спалювання.

1.8 Екологічно-економічні аспекти використання котелень

Найбільшу небезпеку для життя людини і живої природи мають забруднюючі повітря штучного походження. Внаслідок діяльності людини в атмосферу щорічно надходять понад 1500 млн тонн діоксиду сірки, 200 млн тонн вуглеводів, 20 млн тонн оксиду азоту. Взаємовідносини суспільства і природи полягають у тому, що фактори економічного зростання – трудові ресурси, засоби виробництва і природні ресурси – у комплексі використовуються суспільством для розвитку виробництва.

Питання взаємовідносин суспільства і природи та використання природних ресурсів стають дедалі актуальнішими у наш час. З розвитком виробництва вилучаються все нові багатства природи, зростає вартість сировини, збільшується кількість відходів, що викидаються у навколишнє середовище.

Найбільшим джерелом забруднень є теплоенергетика. На її частку в загальному техногенному забрудненні повітря припадає близько 75% викинутого діоксиду сірки, близько 50% оксидів азоту і 20% твердих домішок. Сьогодні теплоенергетику справедливо називають основою технічного прогресу.

Теплопостачання населених пунктів України забезпечують 7418 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується 29965 котелень сумарною потужністю 138347,9 Гкал/год, з них на твердому паливі – 9913 котелень, на рідкому паливі – 567 котелень, на газі – 19485 котелень.

Основне та допоміжне обладнання значної кількості комунальних котелень вичерпало допустимі терміни експлуатації і суттєво перевищує 20 років. В цих котельнях експлуатуються малоефективні, зношені котли з низьким коефіцієнтом корисної дії (70-80%), застарілою автоматикою і пальниковими пристроями, що обумовлює значні витрати палива (на 20% вищі середнього світового рівня), неприпустимо високі забруднення оточуючого середовища, і в цілому призводить до зниження надійності та якості теплопостачання.

Для запобігання забруднення атмосфери продуктами згоряння палива та з метою зменшення ймовірності утворення кислотних дощів необхідно на котельнях різного типу змінити технологію. Це можна зробити в таких напрямках:

- а) розсіювання оксиду сірки в більш високих шарах повітряного басейну за допомогою спорудження на котельні високих димових труб;
- б) використання вугілля з низьким вмістом сірки на низьких установках;
- в) використання порошкоподібного вугілля і видалення сірки з топочних газів, що відходять [9].

1.9 Сонячна енергія

Серед нетрадиційних поновлювальних джерел енергії провідною на даний час є сонячна енергія [15]. Перевагами сонячної енергії є можливість її використання практично на всіх ділянках земної поверхні, безпосереднє перетворення її в теплову чи електричну [15].

Сонячна енергія – це невичерпне відновлюване джерело екологічно чистої енергії. Кількість сонячної енергії, що надходить на земну поверхню, в 10 тисяч разів більша від світового загального споживання енергії [16].

Середньорічна кількість сонячної енергії, яка надходить за 1 день на 1 м² поверхні Землі, коливається від 7,2 МДж/м² на півночі до 21,4 МДж/м² на півдні. Міжнародним енергетичним агентством в 2007 році встановлено, що використання лише 1,5% кількості випромінюваної на нашу планету сонячної енергії забезпечило б всі сьогоденні потреби світової енергетики, а реалізація її до 5% – повністю покрити потреби на перспективу [15]. Клімат України дає потенційну можливість широкого використання сонячної енергії. Річний потік сонячного випромінювання на 1 м² горизонтальної поверхні в південних районах України становить 1100-1380 кВт·год, а тривалість сонячного випромінювання – приблизно 2000 год на рік.

Кількість сонячної енергії, яка припадає на кожен квадратний метр земної поверхні, залежить від кута нахилу і широти місцевості, пори року, хмарності. Через малу густину падаючої сонячної радіації та зміну її впродовж доби та року її використання утруднене, але цілком перспективне і економічно рентабельне.

Найпростішим способом використання сонячної енергії є перетворення її у теплову. Широко використовують фотоелектричне, фотобіологічне та хімічне перетворення сонячної енергії. Технології для отримання електроенергії із сонячної енергетики постійно вдосконалюються, підвищуються їх оптичні та фотоелектричні властивості.

За способом перетворення сонячного випромінювання у теплову енергію, сонячні системи поділяються на активні і пасивні.

Системи з активним використанням сонячної енергії – це системи, які базуються на пристроях і механізмах для транспортування теплоносія. Активні системи із механічною циркуляцією ефективні, оскільки для їх застосування використовують існуючі водонагрівні системи, підключаючи до них приймач сонячного випромінювання та насос.

За рівнем температури, що досягається, сонячні колектори поділяють на низькотемпературні (до 100°C), середньотемпературні (до 200°C), високотемпературні (понад 200°C). За принципом взаємодії з потоком сонячної енергії

їх поділяють на плоскопоглинаючі та фокуруючі. У перших елементи, що поглинають сонячне випромінювання (абсорбери), освітлюються природним потоком, а у других – промені спочатку збирають із великої площі, а лише потім скеровують концентрованим пучком на приймач. Завдяки попередній концентрації випромінювання вдається досягти вищих температур і коефіцієнтів перетворення. Сучасні геліоколектори нерідко поєднують обидва способи нагрівання в одній конструкції.

Найбільшого поширення набули колектори плоского типу.

Вони працюють при прямому і розсіяному випромінюванні та виготовляються у вигляді неглибокого теплоізольованого корпусу із прозорим покриттям та поглинаючим елементом на його дні. Сприймаючі елементи колекторів покривають селективно-поглинаючими плівками з високим коефіцієнтом поглинання та малим коефіцієнтом випромінювання. Найкращими з них є покриття з «чорного хрому», «чорного нікелю», закису міді тощо. До переваг плоских сонячних колекторів відносять простоту конструкції та їх відносно невисоку вартість. Недоліками є: відносно невисокий коефіцієнт корисної дії ККД, порівняно з трубчастими сонячними колекторами, та велика залежність тепла, що виробляється, від періоду світлового дня.

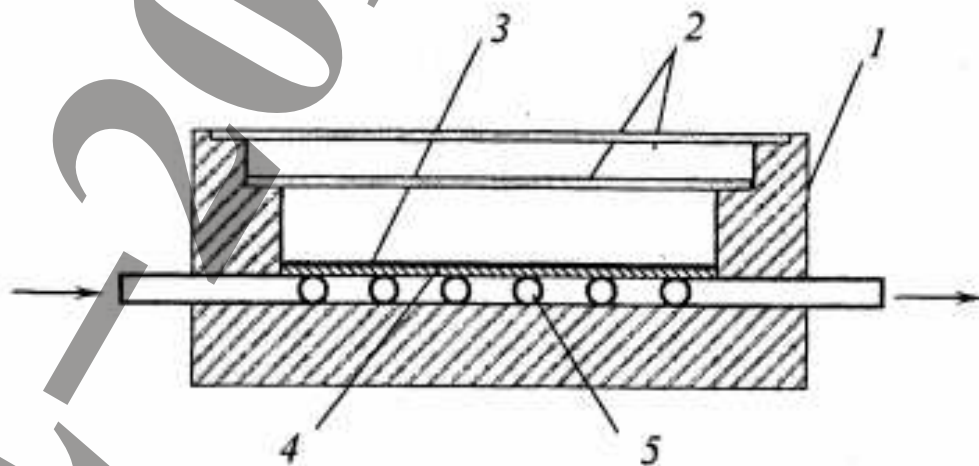


Рисунок 1.2 – Будова плоского геліоколектора: 1– теплоізолюючий корпус; 2 – скляне покриття; 3 – селективно-поглинаюче покриття; 4 – мідна теплопровідна пластина; 5 – трубки для теплоносія.

Для отримання максимального ефекту сонячний колектор (СК) розміщують так, щоб сонце освічувало його найдовше [15]. Ухил СК повинен бути на $10-15^\circ$ меншим від географічної широти місцевості [17]. Це дає змогу стабільно нагрівати теплоносії до температури $50-60^\circ\text{C}$ і щорічно економити 120-180 кг умовного палива за використання 1 м² поверхні сонячного колектора.

Теплота нагрітої поверхні передається металевій підкладці – теплопоглиначу, коефіцієнт поглинання якого досягає 90% [17], а від неї – теплоносію, що протікає через контактуючі трубки. Найефективнішим металом для теплопоглинача є мідь та алюмінієві сплави [16]. Варіанти конструкцій теплопоглинальних панелей можуть бути різними (рис. 3.3) залежно від умов експлуатації, економічних вимог тощо. Нанесення на поверхню теплопоглинача склеемалевого покриття збільшує термін його служби.

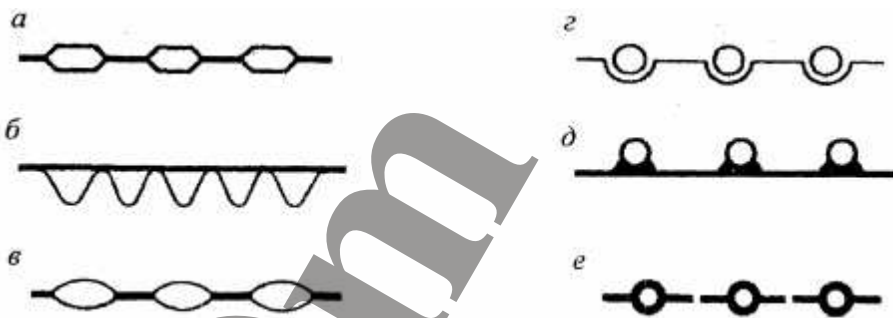


Рисунок 1.3 – Конструкції теплопоглинальних панелей: а – стандартний панельний опалювальний радіатор; б – контактено-приварені плоский і гофровані листи; в – прокатно-зварна алюмінієва панель; г – реєстр із труб з об'ємно-контактуючим листом; д – шовно-зварені труби з листом; реєстр труб із поздовжніми ребрами

Для підвищення ефективності теплопоглиначів важливим є збільшення його поверхні шляхом збільшення шорсткості та площі поверхні, що дає змогу забезпечити вищу поглинальну здатність, турбулізацію повітряного потоку (у випадку, коли теплоносієм служить повітря) та більшу площу контакту теплоносія з абсорбером. На сьогодні опубліковано багато праць, присвячених дослідженню та вдосконаленню конструкцій сонячних колекторів.

Відомий сонячний колектор, в якого абсорбер виконаний у вигляді регістра, з розміщених поряд, паралельних полімерних трубок [17]. Таке виконання абсорбера дало змогу суттєво знизити вартість сонячного колектора.

Використання прозорого покриття в колекторах зумовлене необхідністю захисту абсорбуючої поверхні від пилу та механічних пошкоджень, а також зменшення тепловтрат шляхом конвекції та випромінювання. Для цих цілей переважно використовують листове скло. Показником якості скла для геліоколекторів є його прозорість, яка визначається коефіцієнтом пропускання τ . Для сонячних колекторів використовують спеціальне скло з малим вмістом заліза та солей і високим коефіцієнтом пропускання ($\tau = 0,90 \dots 0,95$).

Недоліком плоского скляного покриття є залежність пропускну здатності від кута падіння світла [11]. На сьогоднішній день поширеним є скло Centros Solar Glas, Diamat, в яких коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання відповідно становить 96% і 91%.

Сучасні тенденції вибору захисної оболонки колектора у виді світлопрозорого покриття, полягає у більш ефективному зборі сонячного випромінювання без змін кутів установки сонячних колекторів. Наприклад, використовують світлопрозоре покриття, яке крім стандартного плоского скла, являє собою набір фокусуєчих скляних призм, що збільшує кількість прийнятого випромінювання. Недоліком такого рішення є ускладнена технологія виробництва скляних призм, що веде до збільшення вартості колектора. Крім того, зростає маса колектора, а надійність його зменшується.

Ефективність прозорого покриття геліоколектора підвищують нанесенням на них тонких плівок. Розроблені процеси обробки поверхні скла для зниження його відбиваючих властивостей. Відбиваюча здатність однієї поверхні необробленого скла, по відношенню до сонячного випромінювання, становить 0,0434 (показник заломлення 1,526). Обробка поверхні скла шляхом хімічного травлення може вдвічі знизити відбиваючу здатність до меншого значення ($\sim 0,02$). Збільшення пропускну можливості скла від 0,92 до 0,96 дохволяє до-

сягнути значного підвищення теплових характеристик плоских сонячних колекторів. Однак вартість обробки великих поверхонь скла є високо затратною операцією, що значно підвищує вартість самого сонячного колектора.

Сонячна енергія ефективно перетворюється у теплову в колекторах з вакуумованими приймачами. При цьому захисну функцію прозорого покриття виконують прозорі скляні трубки, в середині яких знаходяться трубчаті теплопоглиначі з селективним покриттям. Завдяки вакуумному простору між захисними скляними трубками та світлоприймальними елементами забезпечується зниження до мінімуму тепловтрат в навколишнє середовище та у зв'язку з цим та передача теплоносієві практично всієї поглинутої колектором енергії. Завдяки круглій геометрії прозорого покриття знижуються також тепловтрати від конвекції. Для підвищення ефективності таких геліоколекторів систему трубок поміщають у фокусуючі жолоби (рис. 1.4). Вдосконалюються також конструкції світлопрозорих 43 елементів.

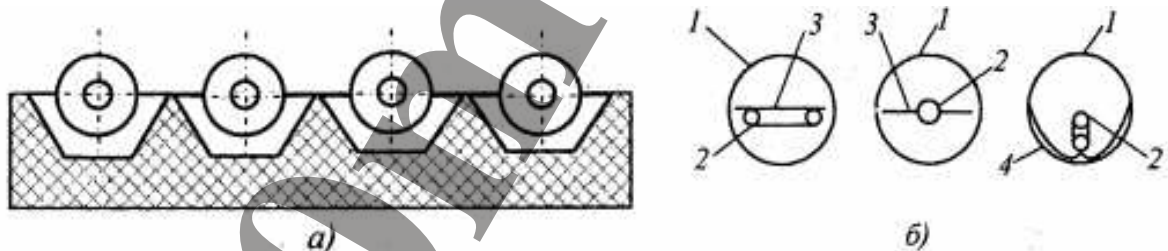


Рисунок 1.4. 1 – зовнішня скляна оболонка; 2 – трубка з теплоносієм; 3 – світлопоглинальна підтримувальна пластина; 4 – світловідбивальне покриття

На сьогодні відомі різноманітні конструкції абсорбера сонячного трубного вакуумного колектора та детально описані їх дослідження.

Поперечний переріз трубного геліоколектора (а) та конструктивні рішення їх світлоприймальних елементів (б):

Трубкові сонячні колектори мають найвищий коефіцієнт засвоєння сонячної енергії і можуть ефективно працювати навіть за хмарної погоди. Крім

того вони характеризуються низькою залежністю їх продуктивності від орієнтації та кута нахилу сонячного випромінювання, проте мають низький оптичний ККД. Основним недоліком трубчастих сонячних колекторів є їх висока вартість, зумовлена складною технологією виготовлення.

1.10 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано аналітичний огляд літератури. Проаналізовано загальну характеристику та класифікацію котелень, вимоги до технічної води, переваги та недоліки газових котелень, промислові котельні комплекси на твердому паливі, твердопаливні та комбіновані котельні, еколого-економічні аспекти функціонування котелень та сонячна енергія як вид відновлювальної енергії. В результаті сформовані задачі та мета досліджень.

Мета і задачі досліджень. Теоретичне обґрунтування використання поновлюваних джерел енергії, покращення екологічних показників та зменшення споживання викопного палива шляхом впровадження технології спалювання деревини та енергії Сонця у тепловій схемі котельні.

У зв'язку з цим поставлені задачі:

- розробити математичну модель та методичку оцінки ефективності роботи твердопаливного котла та геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні;
- дослідити показники роботи твердопаливного котла потужністю 150 кВт на різних видах палива;
- дослідити вплив вологості твердого палива на показники роботи котла;
- дослідити показники роботи геліоустановки при різних кутах нахилу до горизонту;
- обґрунтувати вибір характеристик елементів теплової схеми котельні з геліоустановкою;
- розробити функціональну схему автоматизації теплової схеми твердопаливної частини котельні;
- розробити технологію монтажу теплової схеми котельні.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ

2.1 Дослідження показників роботи котла на різних видах палива

Розглядаючи місцеві види палива, найчастіше звертають увагу на палива на деревній основі, одним з яких є дрова. Використання торфу у якості палива зумовлено його складом, а саме великим вмістом вуглецю, і малим вмістом сірки. Основним недоліком торфу є складність спалювання через високий вміст вологи. А до суттєвих позитивних рис можна віднести низьку собівартість виробництва та екологічну чистоту згорання. Проблема із високою вологістю торфу вирішена з використання торфобрикетів, які вже мають суттєво нижчу вологість при високій калорійності.

Об'єктом дослідження обрано твердопаливний [18] водогрійний котел потужністю 150 кВт (рис. 2.1), який нагріває воду мережну воду від 45 °С до 85 °С

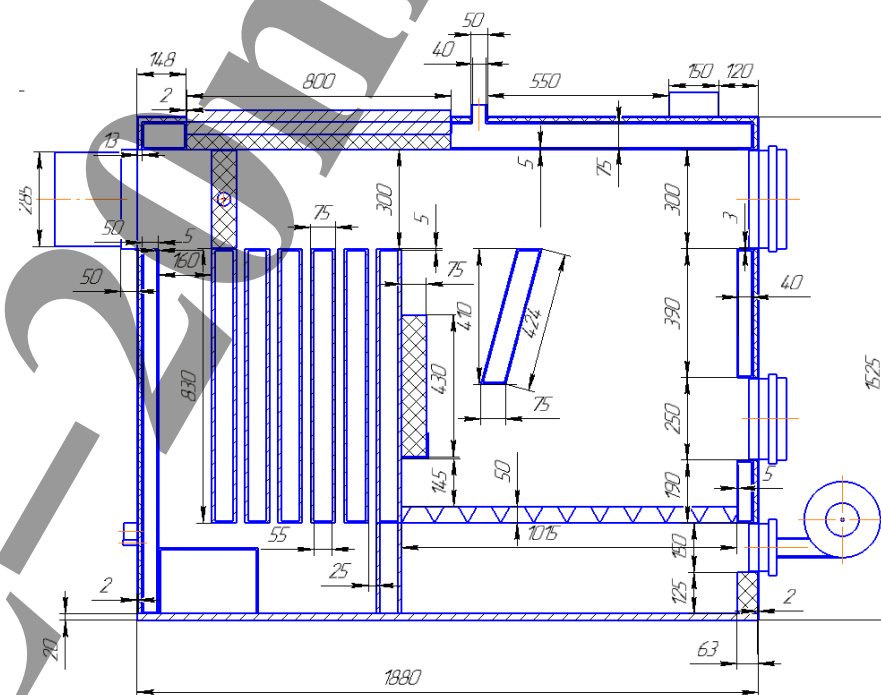


Рисунок 2.1 – Розріз твердопаливного водогрійного котла

Для порівняння характеристик роботи даного котла обрано такі види палива : дрова із вмістом вологи 20 %, торф із вмістом вологи 50 %, буре вугілля із вмістом вологи 16 %, торфобрикетки із вмістом вологи 19,2 %.

Виконано тепловий розрахунок теплогенератора за методикою наведеною у [19 – 22]. Результати розрахунку основних показників роботи котла потужністю 150 кВт представлені на рис. 2.2.

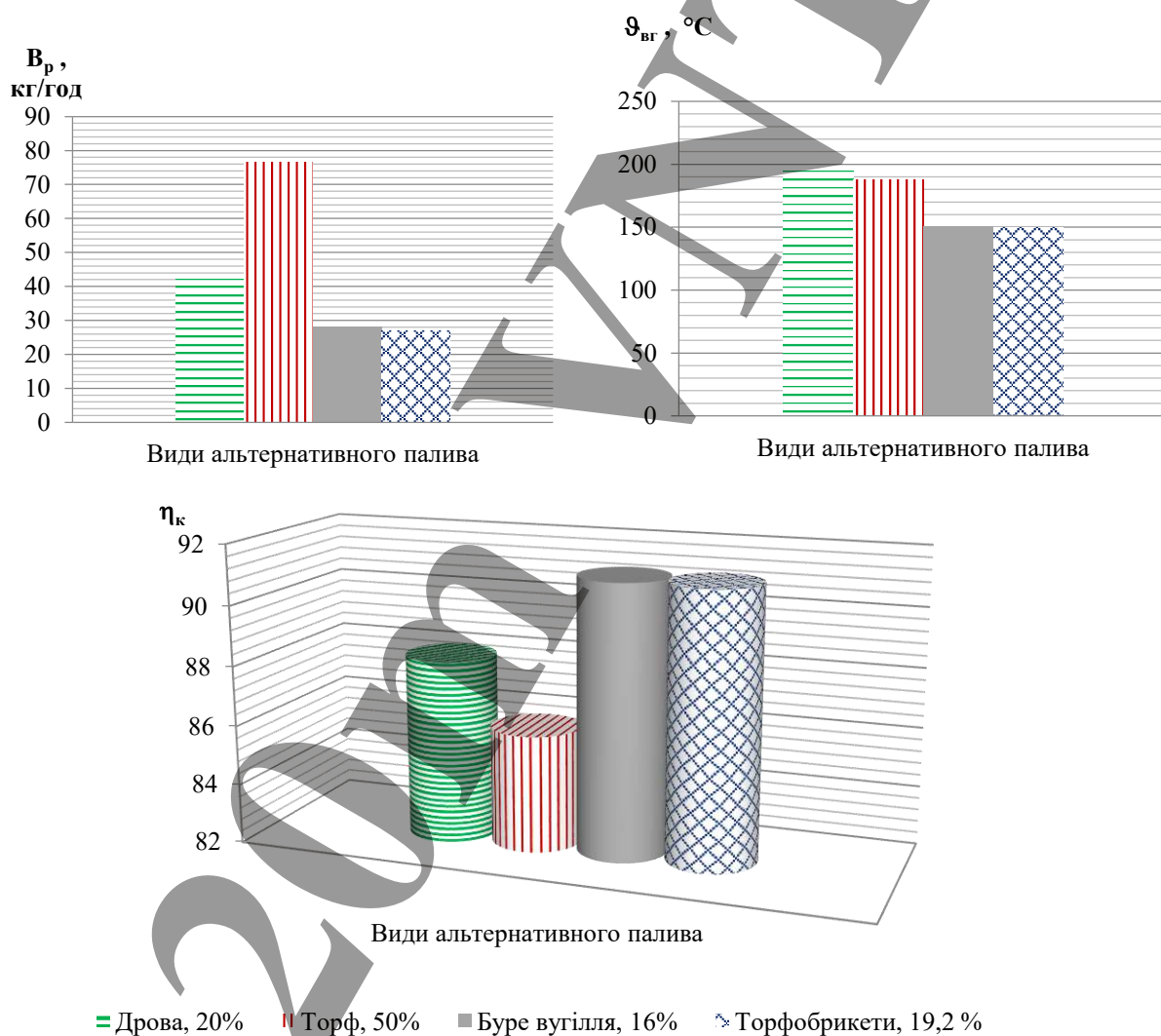


Рисунок 2.2 – Вплив виду альтернативного палива на витрату робочого палива (V_p), температуру відхідних газів ($\theta_{вг}$) та ккд теплогенератора (η_k)

Як видно із рис. 2.2, витрата торфу для котла суттєво вища у порівнянні із іншими видами палива, що передусім пов'язано із його високим вмістом вологи та низькою теплотворною здатністю (8,125 МДж/кг). При використанні бурого вугілля і торфобрикетків температура відхідних газів складає близько 150 °C, що

суперечить рекомендаціям заводу-виготовлювача котла. Якщо ж притримуватись цих рекомендацій нами встановлено, що теплопродуктивність котла при роботі на бурому вугіллі і торфобрикетах зростає на 40 – 45 %, за умови температури відхідних газів на рівні тих, що спостерігається при роботі котла на дровах. В усіх розглянутих варіантах палива і вихідних даних, окрім використання у якості палива дров, температура стінки конвективного пучка котла нижче температури конденсації водяної пари у димових газах, що може призвести до конденсації парів вологи на поверхнях нагріву котла, а отже і до їх корозії.

Екологічні показники є основним інструментом для проведення оцінки стану навколишнього середовища при використанні палива для такої хімічної реакції як спалювання. При аналізі екологічних показників можна визначити яким видом палива можна менше забруднювати повітря, топку котла. Кожен вид палива має свою характеристику палива. Одна із найважливіших характеристик – вологість палива. Вона може змінюватись в широкому діапазоні та зменшувати або збільшувати теплотворну здатність палива.

В таблиці наведені результати розрахунку для 4-ох видів палива з витратою за добу при навантаженні 100%

Таблиця 2.1 – Викиди шкідливих речовин при спалюванні різних видів палива у котлі потужністю 150 кВт

Показник	Дрова	Торф	Буре вугілля	Торфобрикет
Витрата палива, т	1,007	1,837	0,679	0,925
Валові викиди оксидів азоту, кг	0,87	0,93	0,81	0,79
Валові викиди оксидів сірки, кг	0	6,54	45,4	5,02
Показник емісії вуглекислого газу, г/ГДж	102533	110896	90021,3	99690,6
Валові викиди оксидів вуглецю, кг	1492,4	1722,1	1221,2	1320,7
Показник емісії твердих частинок	6,747	79,283	100,34	110,0
Валові викиди твердих частинок, кг	0,098	1,23	1,36	1,46
Валові викиди метану, кг	0,015	0,016	0,014	0,013

Із табл. 2.1 видно, що найбільше викидів оксиду вуглецю у торфа, а найменше складає в бурого вугілля. Показник емісії твердих частинок найбільший у торфобрикетах, а найменший у дров.

Отже для подальшого розгляду прийнято варіант теплопостачання від котельні, що працюватиме на дровах.

2.2 Дослідження впливу вологості палива на показники роботи котла

Відомо що цей вид палива залежно від умов транспортування, умов і тривалості зберігання може мати вологість дров 7 до 50 %. Висушені дрова мають найвищу теплоту згорання і при їх використанні значно вищі показники ефективності роботи опалювального котла ніж у вологих дровах [18, 19]. Найвищу теплоту згорання мають висушені дрова, тоді як вологі дрова горять неякісно із виділенням великої кількості диму і меншої кількості теплоти.

Отже актуальним є визначення показників котла залежно від вологості палива – дров.

Елементарний склад дров, які обрані у якості палива: $C^p = 40,4 \%$, $N^p = 0,53 \%$, $H^p = 4,8 \%$, $W^p = 20 \%$, $S^p = 0 \%$, $A^p = 0,8 \%$, $O^p = 33,47 \%$. Нижча теплота згорання дров із зазначеною вологістю складає 14,4 МДж/кг.

Проведено дослідження [19] основних показників роботи теплогенератора від вологості палива. Вплив вологості палива на коефіцієнт корисної дії котла показано на рис. 2.3.

За результатами досліджень встановлено, що підвищення вологості палива із 20 до 40 % призводить до збільшення витрати палива на 45,7 %, зниження коефіцієнта корисної дії котла на 2,8%, зростання температури відхідних газів на 7,5 %. Тобто ефективність роботи котла знижується і збільшується теплове забруднення навколишнього середовища.

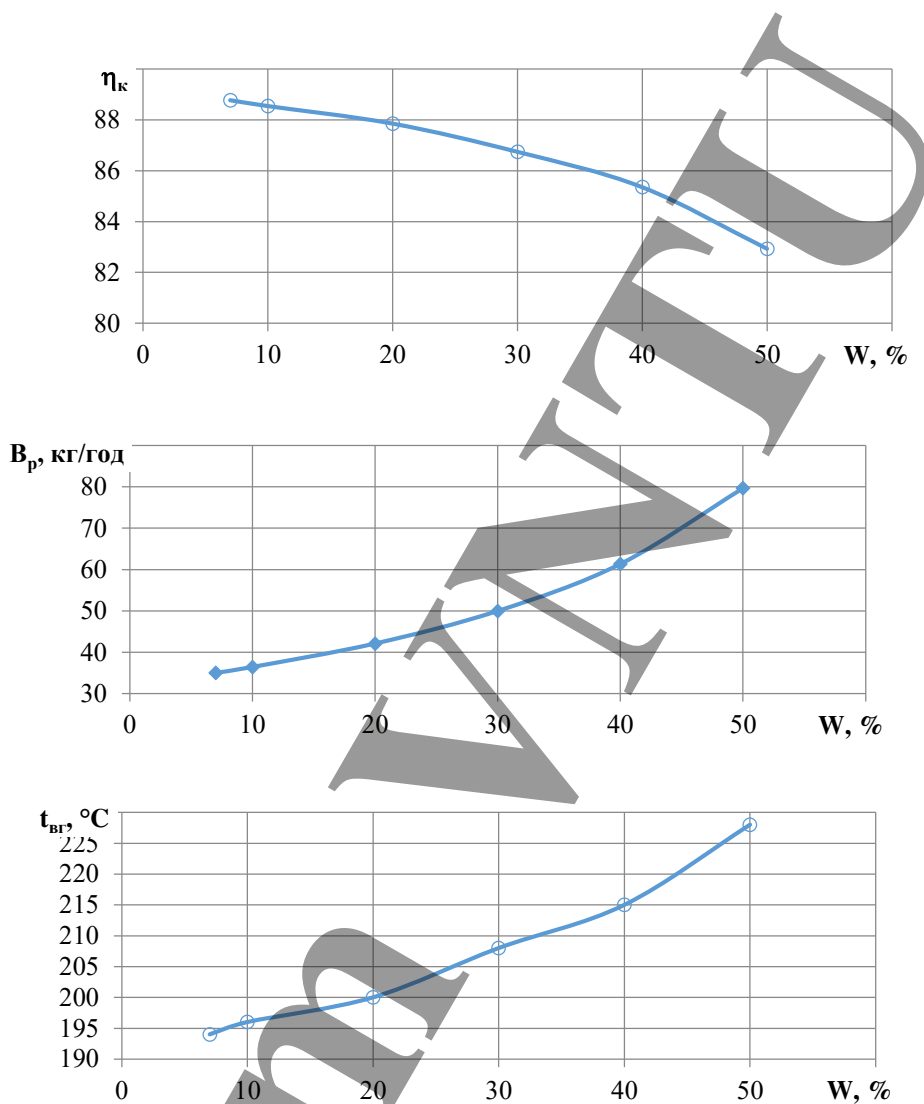


Рисунок 2.3 – Вплив вологості палива (W) на коефіцієнт корисної дії теплогенератора (η_k), витрату палива (B_p) та температуру відхідних газів ($t_{вг}$)

Оптимальним, на нашу думку, є варіант використання в якості палива для котла дров з вологістю 20 %. Оскільки використання більш сухих дров суттєво збільшує їх вартість, оскільки зростають затрати коштів на сушку та зберігання дров.

2.3 Математична модель оцінки ефективності роботи геліоустановки у тепловій схемі водогрійної котельні

Для створення програми було використано середовищі Excel. Програма призначена для ефективності роботи геліоколекторів у тепловій схемі котельні. Об'єктом моделювання був взятий сонячний колектор. Грійне середовище – вода або розчин етиленгліколю. В програмі можна визначати площу геліоколекторів, кількість геліоколекторів.

Перед посатком розрахунків необхідно ввести початкові дані. Після виконаних розрахунків, можна графічно інтерпретувати отримані результати та скопіювати у інші прикладні програми. Отримані результати зручно представлені для виконання їх аналізу.

Дана модель є лінійною, відносно часу – статичною, відносно зміни параметрів – дискретною, функціональною. Програма є оптимізаційною. Розв'язується певним за алгоритмом. Математична модель містить 38 лінійних рівнянь, основні з яких наведені у підрозділі 3.3 рівняння (3.1) – (3.9). Кінцевим результатом ми отримуємо програму, яка рахує ккд сонячного колектора, площу сприйняття сонячної радіації, річне виробництво теплоти геліоколекторами.

Початковими даними є:

- Кліматичні дані для м. Запоріжжя : середня температура та середньодобова амплітуда коливань температури протягом року ;
- Середні (t_{ij}) та осереднені температури повітря ($t_{сер}$) в період функціонування геліоколекторів;
- Значення коефіцієнта положення геліоколектора P_S для прямої сонячної радіації;
- Інтенсивність прямої сонячної радіації $I_S^{гор}$ та розсіяної сонячної радіації $I_D^{гор}$, що надходить на горизонтальну поверхню

Кінцеві результати :

- Значення сумарної добової сонячної радіації на площину колектора за місяцями роботи колектора;
- коефіцієнт корисної дії СК за місяцями роботи;
- кількість колекторів;
- площа сприйняття сонячної радіації колекторами;
- річне виробництво теплоти геліоколекторами.

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

Середня температура зовнішнього повітря

$$t_{ij} = t_j + 0,5 \cdot k_i \cdot A_j. \quad (2.1)$$

Усереднена температура повітря під час періоду роботи сонячної системи гарячого водопостачання

$$t_{срj} = \sum_i t_i / i. \quad (2.2)$$

Для розсіяної сонячної радіації коефіцієнт положення сонячного колектора

$$P_D = \cos^2 \beta / 2. \quad (2.3)$$

Коефіцієнт положення сонячного колектора (СК) для відбитої сонячної радіації

$$P_R = \sin^2 \beta / 2. \quad (2.4)$$

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

$$q_{\text{пад},i} = P_A \cdot P_S \cdot I_S^{\text{гор}} + P_D \cdot I_D^{\text{гор}} + P_R \cdot (I_S^{\text{гор}} + I_D^{\text{гор}}) \cdot a. \quad (2.5)$$

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

$$q_{\text{пад}}^{\text{доб}} = \sum_i q_{\text{пад},i}. \quad (2.6)$$

Температури теплоносія на вході і на виході із СК

$$t_1 = t_{w,1} + 5. \quad (2.7)$$

$$t_2 = t_{w,2} + 5. \quad (2.8)$$

Коефіцієнт корисної дії СК

$$\eta = \eta_0 - [i \cdot U \cdot (t_1 + t_2) / 2 - t_{\text{ср}}] / q_{\text{пад}}^{\text{доб}}. \quad (2.9)$$

Площа поверхні геліоколекторів

$$F = 1,16 \cdot G_{\text{доб}} \cdot (t_{w,2} - t_{w,1}) \cdot C_p / [\eta \cdot q_{\text{пад}}^{\text{доб}}]. \quad (2.10)$$

Кількість потребуючих колекторів

$$N = F / f_0. \quad (2.11)$$

Площа сприйняття сонячної радіації

$$F_{\text{кол}} = f_0 \cdot N. \quad (2.12)$$

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

$$V_{б-а} = (0,06...0,08) \cdot F_{кол} \cdot \dots \quad (2.13)$$

Річний відпуск теплоти на гаряче водопостачання

$$Q_{річ}^{ГВП} = G_{доб} \cdot (t_{w2} - t_{w1}) \cdot C_p \cdot 365. \quad (2.14)$$

Економія річного палива після впровадження сонячної системи гарячого водопостачання

$$\Delta B_y^{річ} = Q_{річ}^{геліо} / (Q_y^н \cdot \eta_d) \dots \quad (2.15)$$

Визначаємо частку покриття ССТГВ потреб системи ГВП

$$\psi = Q_j^{геліо} / Q_j^{ГВП}. \quad (2.16)$$

Споживання електроенергії ССТГВ

$$EE^{ССТГВ} = \sum Ne^{ССТГВ} \cdot \tau. \quad (2.17)$$

Річний відпуск теплоти твердопаливною котельнею

$$Q_{кот} = Q_{річ} - Q_{річ}^{геліо}. \quad (2.18)$$

Річна витрата палива на котельні

$$V_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot \eta_{\text{кот}}} . \quad (2.19)$$

Витрати коштів на паливо

$$C_{\text{пал}} = V_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{пал}} \cdot k_{\text{вп}} . \quad (2.20)$$

Витрата умовного палива ТЕЦ, кг/рік

$$V_{\text{у}}^{\text{ТЕЦ}} = \frac{\sum N_{\text{еє}}^{\text{ССГВ}} \cdot 3,6}{Q_{\text{у}} \cdot \eta_{\text{еє}} \cdot \eta_{\text{ем}}} . \quad (2.21)$$

Економія умовного палива від впровадження заходу, кг/рік

$$\Delta V_{\text{у}} = \Delta V_{\text{у}}^{\text{річ.г}} - V_{\text{у}}^{\text{ТЕЦ}} . \quad (2.22)$$

Споживання електроенергії на виробництво теплоти котельнею за сезон

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{вп}}^{\text{c}} \cdot \tau_{\text{c}} + N_{\text{вп}}^{\text{МОП}} \cdot \tau_{\text{моп}} . \quad (2.23)$$

Сумарне споживання електроенергії котельнею з ССГВ

$$EE_{\text{річ}} = EE_{\text{річ}} + EE^{\text{ССГВ}} . \quad (2.24)$$

Витрати коштів на електричну енергію

$$C_{\text{ЕЕ}} = EE_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{ЕЕ}} . \quad (2.25)$$

Річне споживання води

$$G_{\text{в.річ}} = \frac{G_{\text{дв}}^{\text{с}}}{\rho_{\text{дв}}} \cdot \tau_{\text{с}} \cdot 3600 + \frac{G_{\text{дв}}^{\text{МОП}}}{\rho_{\text{дв}}} \cdot \tau_{\text{МОП}} \cdot 3600. \quad (2.26)$$

Річна витрата коштів на воду

$$C_{\text{в}} = G_{\text{підж}} \cdot Ц_{\text{в}}. \quad (2.27)$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{в}} = K_{\text{а}} \cdot K. \quad (2.28)$$

Річні витрати на заробітну плату працівникам

$$C_{\text{зп}} = Z \cdot \Phi \cdot 12 \cdot (1 + 0,332 + 0,029 + 0,016 + 0,0242). \quad (2.29)$$

Витрати коштів на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{а}}. \quad (2.30)$$

Інші витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (C_{\text{а}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ее}} + C_{\text{а}}). \quad (2.31)$$

Загальні експлуатаційні витрати коштів

$$C_{\text{річ}} = C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{В}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ІН}}. \quad (2.32)$$

Собівартість теплоти на котельні

$$CB = C_{\text{річ}} / Q_{\text{річ}} \quad (2.33)$$

Шкідливі викиди (CO)

$$M_{\text{CO}} = C_{\text{CO}} \cdot V_{\text{C}} \quad (2.34)$$

Масовий викид твердих частинок

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot B \cdot (a_{\text{вн}} \cdot A^{\text{P}} \cdot q_4 \cdot (Q_{\text{H}}^{\text{P}} / 32,68) \cdot (1 - \eta_{\text{зв}})) \quad (2.35)$$

Шкідливі викиди (CO₂)

$$M_{\text{CO}_2} = 0,04 \cdot C^{\text{P}} \cdot B \quad (2.36)$$

Шкідливі викиди (SO₂)

$$M_{\text{SO}_2} = g_{\text{SO}_2} \cdot B \quad (2.37)$$

Шкідливі викиди (NO_x)

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \cdot K_{\text{NO}_x} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot B \quad (2.38)$$

Висновок : в даній роботі було розроблено програму в середовищі Excel. За допомогою цієї програми можна робити розрахунок значення сумарної добової сонячної радіації на площину колектора за місяцями роботи колектора, знаходити коефіцієнт корисної дії СК за місяцями роботи, кількість колекторів, площа сприйняття сонячної радіації колекторами, річне виробництво теплоти геліоколекторами.

2.4 Дослідження ефективності роботи геліоколекторів у тепловій схемі котельні

Системи, що використовують енергію Сонця для вироблення теплоти можуть мати різне схемне виконання. Так, за конструкцією вони можуть бути пасивними і активними. Останні в свою чергу можуть працювати самостійно або із резервним підігрівником. З призначення системи сонячного теплопостачання поділяють на: гарячого водопостачання, опалення, сушки та інших технологічних споживачів.

Аналізуючи особливості різних видів споживачів, можна прийти до висновку, що пік споживання теплоти системою опалення припадає на зимовий період, а продуктивність системи гарячого водопостачання практично рівномірна протягом року. Порівнюючи графік відпуску теплоти на споживачів із можливим графіком вироблення теплоти геліоколекторами, логічним вибором стає застосування системи сонячного теплопостачання для потреб гарячого водопостачання. Обрана активна геліосистема з резервним підігрівником (твердопаливним котлом).

Добова нерівномірність надходження сонячної радіації змушує шукати способи акумулювання теплоти, отриманої від Сонця.

Взята для конкретного прикладу твердопаливна водогрійна котельні відпускає гарячу воду таким споживачам: система гарячого водопостачання з максимальною потужністю 55 кВт, система вентиляції з максимальною тепловою потужністю 35 кВт, система опалення з максимальною потужністю 128 кВт. Прийнята котельні працює на дровах з теплою згорання 14,4 МДж/м³. Вибір такого палива обґрунтовано у [3, 4, 5].

Для оцінки ефективності впровадження геліоустановок на твердопаливній котельні використана методика розрахунку геліоколекторів, наведена у [6], кліматичні дані із [7] для м. Запоріжжя та характеристики обладнання для геліосистем [8].

Проведено оцінку інтенсивності сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор спрямований на південь за різних кутів нахилу колектора до горизонту, а саме 35° , 50° та 65° . За результатами оцінки виявлено, що найбільше теплоти протягом року можна отримати при використанні геліоколектора з кутом нахилу 35° до горизонту. Причому коливання величини сумарної інтенсивності за добу протягом року змінюється в межах $1800 \dots 6500$ кВт•год/м².

Оцінено коефіцієнт корисної дії колектора з кутом нахилу 35° до горизонту та необхідну площу колекторів для повного забезпечення потреб гарячого водопостачання. Результати розрахунків показано на рис. 2.4 та рис. 2.5.

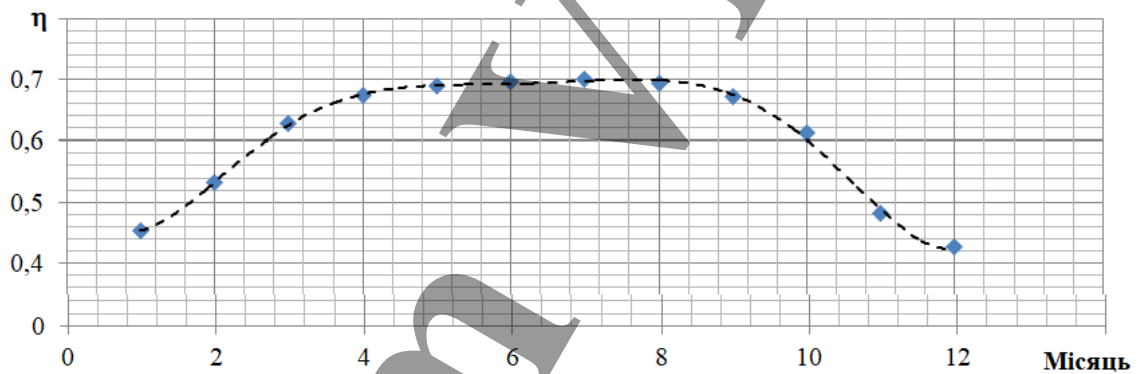


Рисунок 2.4 – Залежність коефіцієнта корисної дії геліоколектора від місяця року

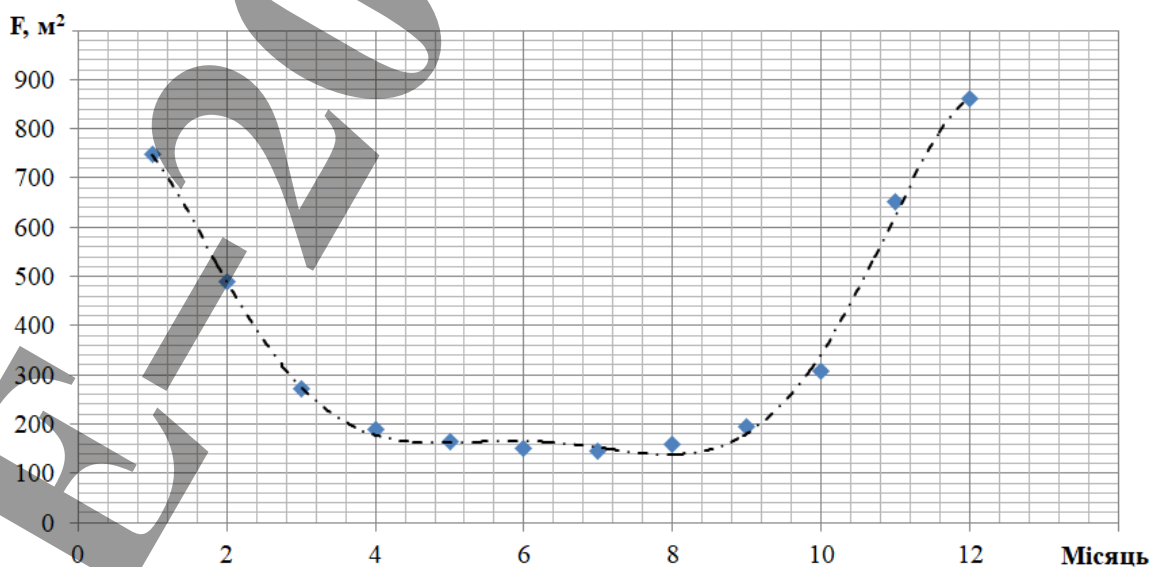


Рисунок 2.5 – Залежність необхідної площі колекторів для забезпечення потреб ГВП від місяця року

Як видно із рис. 2.4, найбільш ефективно геліоколектори працюють протягом квітня – вересня, в той час як у інші місяці року коефіцієнт корисної дії колектора знижується.

Аналізуючи дані, наведені на рис. 2.5, видно, що для забезпечення потреб гарячого водопостачання з квітня по вересень достатньо близько 200 м² геліоколекторів, що виходячи із креслень будівлі, можуть розміститись на даху.

Отже визначено, що система геліоколекторів може працювати протягом року із ефективністю не менше 42% для забезпечення потреб гарячого водопостачання. Запропоновано система повністю покриває потреби ГВТ із квітня по вересень. Використання геліоустановки для потреб гарячого водопостачання у тепловій схемі твердопалив-ної котельні дозволить заощадити близько 25,12 тон умовного палива на рік.

2.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти для водогрійної котельні

Вибір того чи іншого виду палива в якості джерела теплоти тягне за собою низку заходів для організації повноцінної роботи котельні. А саме організації паливного господарства, заходів щодо зменшення шкідливих викидів під час роботи котельні, пошук і організація низькотемпературного джерела теплоти, тощо.

Так влаштування котельні на твердому паливі вимагає влаштування складу палива, системи паливоподачі, системи видалення золи, що утворюється під час спалювання. Оскільки не останню роль у ефективності отримання теплоти відіграє вологість палива [1], склади для зберігання його повинні мати систему, що підтримує відповідні параметри мікроклімату.

Влаштування котельні на природному газі вимагає влаштування газорегуляторної установки (ГРУ) або ГРП, крім того природний газ є отруйною і вибухонебезпечною речовиною, що тягне за собою влаштування додаткових заходів з охорони праці.

Відомо, що ТНУ є досить ефективним та популярним на даний час джерелом теплоти, але потребують наявності низькотемпературного джерела, в таких випадках кращий із них – теплота ґрунту. Для забезпечення забору такої теплоти споруджують ґрунтові теплообмінники [4], які можуть бути вертикальними та горизонтальними. Для вертикальних теплообмінників необхідно влаштовувати

свердловини великої глибини, що не на усіх видах ґрунта є можливим. Для горизонтальних теплообмінників потрібна значна площа незабудованої землі.

Електрокотельні потребують влаштування системи акумулювання теплоти, а для зниження собіватності відпущеної енергії – ще і системи три- (або) двозонного обліку електричної енергії, що потребує додаткового обґрунтування та витрат матеріальних ресурсів.

Об'єктом дослідження обрано водогрійну котельню потужністю 225 кВт, яка розташована за містом Запоріжжя.

Виконано розрахунок техніко-економічних показників роботи цієї котельні на різних видах палива. Результати представлені на рис. 2.6 та рис. 2.7.

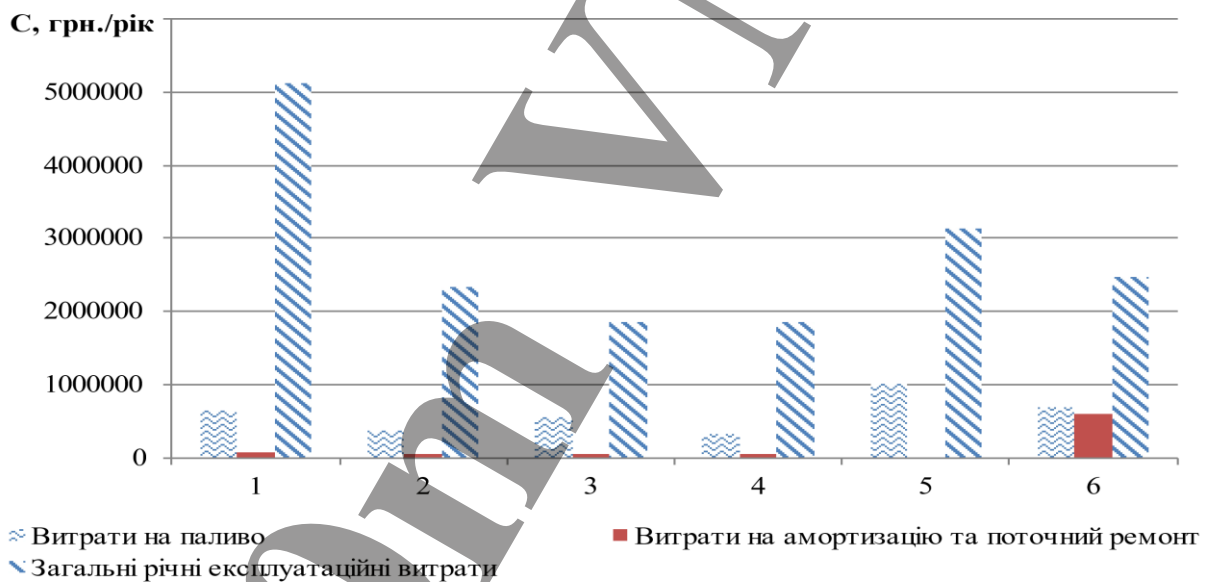


Рисунок 2.6 – Техніко-економічні показники виробництва теплоти на котельні потужністю 225 кВт: 1 – з газовими конденсаційними котлами; 2 – з котлами на дровах вологістю 20 %; 3 – з котлами на вугіллі; 4 – з котлами на деревних пелетах; 5 – з електрокотлами; 6 – з теплонасною установкою

Аналізуючи термін окупності капітальних вкладень у влаштування котельні прийнято до уваги, що тариф на відпущену теплоту у м. Запоріжжя складає 1488,76 грн./Гкал. Враховуючи вищенаведене встановлено, що усі варіанти, окрім котельні на дровах і пелетах деревини є економічно не вигідними, оскільки мають собівартість виробництва теплоти вищу, ніж централізоване теплопостачання.

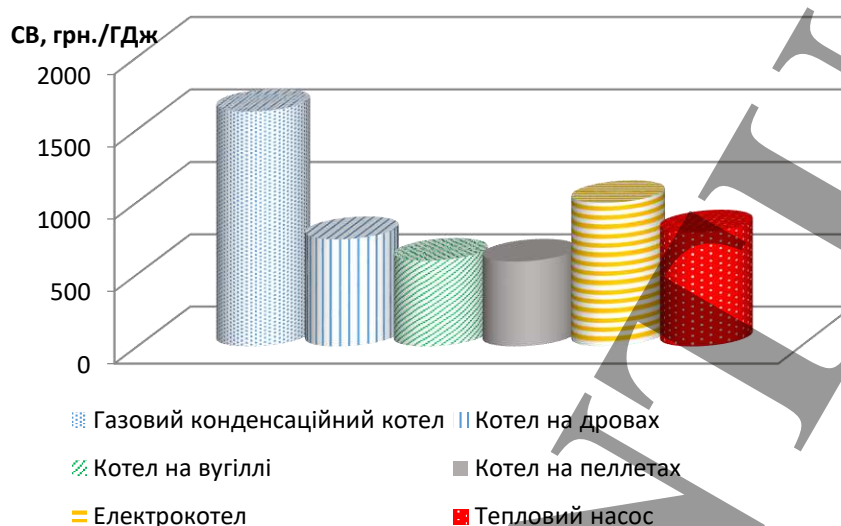


Рисунок 2.7 – Собівартість виробництва теплоти на котельні потужністю 225 кВт з різними джерелами теплоти

Встановлено, що найвищу собівартість відпущеної теплоти є варіант – котельня на природному газі 1623 грн./ГДж, найнижчу – варіанти із котлами на вугіллі та деревних пеллетах 593 та 587 грн./ГДж відповідно. Використання в якості палива деревних пеллет призводить до підвищення соціальної складової економіки України, а саме до зростання місцевого виробництва, що спричиняє підвищення рівня зайнятості населення регіону.

2.6 Висновок до розділу 2

Проведено дослідження ефективності твердопаливної водогрійної котельні на різних видах палива. Як альтернативні палива для котла потужністю 150 кВт розглядалися : торф з вологістю 50%, буре вугілля вологістю 16%, торфобрикетти вологістю 19,2% та деревина вологістю 20%. Із розглянутих варіантів найвищий коефіцієнт корисної дії мав котел з використанням торфобрикеттів та бурого вугілля в якості палива, а найнижчий – торф. В усіх розглянутих варіантах палива і вихідних даних, окрім використання у якості палива дров, температура стінки конвективного пучка котла нижче температури конденсації водяної пари у димових газах, що може призвести до конденсації парів вологи на поверхнях нагріву котла, а отже і до їх корозії.

Досліджувався вплив вологості палива на показники роботи котла та аналізувалися показники роботи котла на різних видах палива. За результатами досліджень встановлено, що підвищення вологості палива із 20 до 40 % призводить до збільшення витрати палива на 45,7 %, зниження коефіцієнта корисної дії котла на 2,8%, зростання температури відхідних газів на 7,5 %. Тобто ефективність роботи котла знижується і збільшується теплове забруднення навколишнього середовища.

Оптимальним, на нашу думку, є варіант використання в якості палива для котла дров з вологістю 20 %. Оскільки використання більш сухих дров суттєво збільшує їх вартість, оскільки зростають затрати коштів на сушку та зберігання дров.

Розроблено математичну модель теплообмінних процесів в системі сонячного теплопостачання, що дозволила провести оцінку інтенсивності сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор спрямований на південь за різних кутів нахилу колектора до горизонту. Найбільш ефективний кут встановлення геліоколекторів для забезпечення теплотою цілорічно склав 35° до горизонту. Теплоту вироблену геліоколекторами доцільно направляти на потреби гарячого водопостачання.

Оцінено техніко-економічні показники роботи котельні на різних видах палива. Встановлено, що найвищу собівартість відпущеної теплоти є варіант – котельня на природному газі 1623 грн./ГДж, найнижчу – варіанти із котлами на вугіллі та деревних пеллетах 593 та 587 грн./ГДж відповідно.

Зважаючи на екологічні та енергетичні показники роботи котла як джерело теплоти для водогрійної котельні обрано деревина (дрова) з вологістю 20%.

3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ГЕЛІОУСТАНОВКОЮ ДЛЯ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розробка теплової схеми котельні на твердому паливі

Використовуючи залежності, наведені у [8,9] виконано розрахунок теплової схеми котельні з використанням в якості палива дров. Результати розрахунків зведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні в різних режимах роботи

Розрахункова величина	Позначення	Розмірність	Режими роботи котельні		
			Піковий	Середній за опалвальний період	Міжопалвальний
1	2	3	4	5	6
Температура прямої мережної води котельні	$t_{пр}$	°C	80	60	60
Температура зворотної мережної води котельні	$t_{зв}$	°C	60	40	40
Температура прямої мережної води теплопункту	$t'_{пр}$	°C	79,5	59,5	59,5
Температура зворотної мережної води теплопункту	$t'_{зв}$	°C	60,5	40,5	40,5
Витрата мережної води на гаряче водопостачання	$G_{TM}^{ГВП}$	кг/с	0,705	0,705	0,705
Витрата мережної води спрямовану у систему опалення	$G_{TM}^{оп}$	кг/с			
Витрата мережної води спрямовану у систему вентиляції	$G_{TM}^{вент}$	кг/с	0,43	0,29	-
Витрата мережної води	G_{TM}	кг/с	2,774	1,714	0,705
Витрата додаткової води на іпідживлення	$G_{дв}$	кг/с	0,00416	0,00257	0,00105

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Витрата мережної води перед мережним насосом МН	$G_{\text{МН}}$	кг/с	2,774	1,714	0,707
Температура води перед мережним насосом	$t_{\text{МН}}$	°С	59,92	39,95	39,81
Витрата води в лінії перепуски	$G_{\text{пер}}$	кг/с	0	0	0
Витрата води через лінію рециркуляції	$G_{\text{рец}}$	кг/с	0,011	0,0042	0,00176
Витрата мережної води в котлі	$G_{\text{к}}$	кг/с	2,785	1,718	0,708
Потужність твердопаливної водогрійної котельні (теплова)	$Q_{\text{к}}$	кВт	0,233	0,143	0,0593
Витрата умовного палива в котлі	$B_{\text{у}}$	кг/с	0,0091	0,0056	0,0023
Витрата робочого палива (деревина) в теплогенераторі	$B_{\text{р}}$	кг/с	0,0185	0,0114	0,0047
Коефіцієнт корисної дії котельні	η	%	0,81	0,825	0,816

За результатами розрахунку теплової схеми котельні видно, що для забезпечення безперебійного теплопостачання дорожньо-ремонтного пункту у тепловій схемі котельні необхідно встановити два котли на твердому паливі потужністю 150 кВт.

Оскільки котельня працюватиме на твердому паливі, а споживання гарячої води носить нерівномірний характер протягом доби, то для забезпечення потреб ГВП необхідно встановити ємкісний теплообмінник з піковою потужністю змійовика 55 кВт.

3.2 Тепловий розрахунок водогрійного котла потужністю 150 кВт

Для визначення теплотехнічних показників: температури вихідних газів здійснюється тепловий розрахунок водогрійного котла.

Вихідні дані:

Потужність котла – 150 кВт.

Температура води : на вході в котел – 40°C, на виході – 85°C.

Температура відхідних газів – 200°C.

Температура холодного повітря – 20°C.

Коефіцієнт надлишку повітря – 1,3%.

Коефіцієнт корисної дії – 0,87.

Склад палива: $C^p = 40,4 \%$; $N^p = 0,53 \%$; $H^p = 4,8 \%$; $W^p = 20 \%$; $S^p = 0 \%$;
 $A^p = 0,8 \%$; $O^p = 33,47 \%$.

3.2.1 Теоретичні об'єми продуктів згорання палива [18]

Теоретична кількість повітря за $V^0 = 3,75 \text{ (м}^3\text{/кг)}$.

Теоретичний об'єм триатомних газів за $V_{RO_2} = 0,75 \text{ (м}^3\text{/кг)}$.

Теоретичний об'єм азоту за $V_{N_2}^0 = 2,96 \text{ (м}^3\text{/кг)}$.

Теоретичний об'єм водяних парів за $V_{H_2O}^0 = 0,84 \text{ (м}^3\text{/кг)}$.

За даними розрахункових характеристик камерних топок і нормативних значень коефіцієнтів надлишку повітря в газоходах, коефіцієнт надлишку повітря в топці приймаємо на основі рекомендацій в розмірі $\alpha=1,3$.

Характеристики продуктів згорання розраховані за [19] і наведені в табл.

3.1.

3.2.2 Ентальпії продуктів згорання

Ентальпію продуктів згорання на 1 кг палива при $\alpha>1$ підрахуємо за формулою

$$I_r = I_r^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{пов}^0, \quad (3.1)$$

$$I_r^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{пов}^0 = V_{RO_2} \cdot (ct)_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot (ct)_{N_2} + V_{H_2O}^0 \cdot (ct)_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0 \cdot (ct)_{пов}. \quad (\text{кДж/м}^3)$$

Розрахунки по визначенню ентальпії продуктів згорання палива при різних температурах газів зводимо в табл. 4.2.

3.2.3 Тепловий баланс і витрата палива

Наявна теплота за $Q_{H}^p = 14443$ (кДж/кг).

Тепловий баланс складаємо з розрахунку на 1 кг наявної теплоти палива Q_{H}^p . При цьому рахуємо теплоту повітря, яке надходить на горіння $t_{хп}=20$ °С. Розрахунок теплового балансу зводимо у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок теплового балансу і витрати палива

Найменування	Позначення	Формула	Розмірність	Розрахунок
1	2	3	4	5
Температура повітря, яке надходить у топку	$t_{хп}$	Згідно із завданням	°С	20
Нижча теплота згорання палива	Q_{H}^p	за попереднім розрахунком		14443
Наявна теплота палива	Q_H	$Q_{H}^p + Q_n + Q_{пз} + Q_{ф}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$14443 + 0 + 0 + 0 = 14443$
Температура відхідних газів	$t_{вг}$	Згідно із завданням	°С	200
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha_{вх}$	Приймаємо згідно рекомендацій [1]	-	1,3
Ентальпія відхідних газів	$I_{ві}$	Таблиця 3	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	1591,45
Температура повітря в котельній	$t_{хп}$	Згідно із завданням	°С	20
Ентальпія холодного повітря	$I_{хп}$	$V^0 \cdot (ct)$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$3,75 \cdot 26 = 97,5$
Втрати теплоти від механічної неповноти згорання	q_4	Приймаємо згідно рекомендацій [1,2]	%	1

Продовження таб. 3.2

1	2	3	4	5
Втрати теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Приймаємо згідно рекомендацій [1,2]	%	0,5
Втрати теплоти від хімічного недопалу	q_3	Приймаємо згідно рекомендацій [1,2]	%	0,5
Витрати теплоти з відхідними газами	q_2	$\frac{(I_{\text{відх}} - \alpha_{\text{від}} \cdot I_{\text{хп}})}{Q_{\text{наяв}}} \cdot (100 - q_4)$	%	$\frac{1591,9 - 1,3 \cdot 97,5}{14443} \cdot (100 - 1) = 10,04$
Сума теплових втрат	Σq	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$10,04 + 0,5 + 1 + 0,5 = 12,04$
ККД парогенератора	$\eta_{\text{пг}}$	$100 - \Sigma q$	%	$100 - 12,04 = 87,96$
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - q_5 / (\eta_{\text{пг}} + q_5)$	-	$1 - \frac{0,5}{87,96 + 0,5} = 0,994$
Теплота корисно віддана в котлоагрегаті	Q_k	за умовою	кВт	150
Температура води на вході на виході	t'_B t''_B	за умовою	°C	40 85
Ентальпія води на вході на виході	I'_B I''_B	По І-9 таблиці	кДж/кг	167,5 356
Витрата котлової води	G_B	$\frac{Q_k}{c_p \cdot (t''_B - t'_B)}$	кг/с	$\frac{150}{4,183 \cdot (85 - 40)} = 0,8$
1	2	3	4	5
Повна витрата палива	B	$Q_k \cdot 100 / (\eta_{\text{пг}} \cdot Q^p_{\text{наяв}})$	кг/с	$150 \cdot 100 / (14443 \cdot 0,885) = 0,01402$
Розрахункова витрата палива	B_p	$B(100 - q_4) / 100$	кг/с	$0,01402(100 - 1) / 100 = 0,0138$

3.2.4 Розрахунок топки

Конструктивні характеристики топкової камери записуємо в табл. 3.3

Таблиця 3.3 – Конструктивні характеристики топкової камери

Найменування	Позначення	Формула	Розмірність	Розрахунок
Активний об'єм топкової камери	V_T	згідно комплексу креслення	m^3	0,957
Теплове навантаження об'єму топки	q_v	$B \cdot Q_p / V_T$	$\frac{кВт}{m^3}$	$\frac{0,01402 \cdot 14443}{0,957} = 211,58$

Площі стін, люку, колосникової решітки та вихідного вікна, а також конструктивні характеристики топкової камери записуємо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Конструктивні характеристики топки.

Величина	Позначення	Розмірність	Стінки топки					Вихідне вікно	Фронтова рв-	Сумарна площа
			Фронтова	Бокова	Колосникова решітка	Задня	Трубна дошка			
Сумарна площа стін і вікна	$F_{ст}$	m^2	1,005	2,29	0,898	1,13	0,9	0,267	0,88	7,37
Площа зайнята променесприймальною поверхнею:	$F_{пр}$	m^2	0,656	2,22	-	0,73	0,801	0,267	0,88	5,56
Кутовий коефіцієнт екрана	X	-	1	1		1	1	1	1	
Площа променесприймальна поверхня	$H_{пр}$	m^2	0,656	2,22	-	0,73	0,801	0,267	0,88	5,56
Коефіцієнт забруднення екранної поверхні	ζ		0,6	0,6		0,6	0,6	1	0,6	

Виконаємо перевірний розрахунок теплообміну в топці.

Маючи дійсні параметри топки, робимо перевірку даних в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Перевірний розрахунок

Найменування	Позначення	Формула	Розмірність	Розрахунок
1	2	3	4	5
Коефіцієнт надлишку повітря	α	за початковими даними	—	1,3
Температура підігрітого повітря	$t_{гп}$	приймаємо попередньо	$^{\circ}\text{C}$	20
Ентальпія підігрітого повітря	$I_{хп}$	По I- ϑ таблиці	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	73,32
Теплота, яка вноситься в топку з повітрям	Q_n	$\alpha \cdot I_{хп}^0$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$1,3 \cdot 73,32 = 95,316$
Корисне тепло-виділення в топці	Q_T	$\frac{Q_n^p \cdot (100 - q_3 - q_4)}{(100 - q_4) + Q_{пов}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$14443 \frac{100 - 0,5 - 1}{100 - 1} + 95,316 = 14465$
Адіабатна температура горіння	ϑ_a	По I- ϑ таблицям	$^{\circ}\text{C}$	1555
Температура газів на виході з топки	ϑ''_T	За попереднім вибором	$^{\circ}\text{C}$	353
Ентальпія газів на виході з топки	$I''_Г$	По I- ϑ таблицям	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	2873,767
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{ср}$	$\frac{(Q_T - I''_Г)}{(\vartheta_a - \vartheta''_T)}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\frac{14465 - 2873,76}{1623 - 353} = 9,126$
Відносна висота розташування пальників до висоти топки	S	$3,6 \cdot V_m / F_{ст}$	м	$3,6 \cdot 0,957 / 7,37 = 0,467$
Коефіцієнт забруднення екранів	ζ_{α}	Табл. 4-2 [4], для шарових топок	---	0,56

Продовження таб. 3.5

1	2	3	4	5
Середній коефіцієнт теплової ефективності екранів	ψ_{cp}	$\xi \cdot H_n / F_{ст}$	---	$0,56 \cdot 5,56 / 7,37 = 0,422$
Сумарна об'ємна частка трьохатомних газів	r_n	за таблицею 1.1	---	0,329
Сумарна поглинальна здатність	$pr_{пS}$	$p \cdot r_{пS}$	ММПа	$0,1 \cdot 0,329 \cdot 0,467 = 0,0153$
Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомними газами	$K_{Г}$	за формулою 6-13 [1]	$\frac{1}{\text{ММПа}}$	6,58
Коефіцієнт ослаблення полум'я зол. част.	$K_{зл}\mu_{зл}$	$10^4 \cdot 0,8 \frac{\text{Ч}}{\text{Ч}} (\mu_{зл}) (T''_T)^{0,66} (1 + 1,2 \frac{\text{Ч}}{\text{Ч}} \mu_{зл} \cdot S)$	$\frac{1}{\text{МПа}}$	$K_{зл}\mu_{зл} = \frac{10^4 \cdot 0,8}{\sqrt[3]{(353 + 273)^2}} \frac{\text{Ч}}{\text{Ч}} = 0,762$ $\frac{0,007}{(1 + 1,2 \cdot 0,007 \cdot 0,467)} = 0,762$
Коефіцієнт ослаблення променів в топці	K	$K_{Г} + K_{зл}\mu_{зл}$	$\frac{1}{\text{ММПа}}$	$6,58 + 0,76 = 7,34$
Критерій Бугера	Bu	$K \cdot P \cdot S$	-	$7,34 \cdot 0,1 \cdot 0,467 = 0,343$
Ефективне значення критерію Бугера	$B\ddot{u}$	$1,6 \cdot \ln \left(\frac{1,4 \cdot Bu^2 + Bu + 2}{1,4 \cdot Bu^2 - Bu + 2} \right)$	-	$1,6 \cdot \ln \left(\frac{1,4 \cdot 0,343^2 + 0,343 + 2}{1,4 \cdot 0,343^2 - 0,343 + 2} \right) = 0,511$
Параметр М	M	за формулою 4.22 [4]	---	$0,46 \cdot \left(1 + \frac{0,9}{7,37}\right) \cdot \sqrt[3]{1,53} = 0,594$
Температура газів на виході з топки	ϑ''_T	Формула (4.2) [4]	°C	349,3
Розходження між температурами на виході з топки	$\Delta(\vartheta''_T)$	$\frac{(\vartheta''_T - \vartheta'_T) \cdot 100}{\vartheta''_T}$	%	$\frac{(353 - 349,3) \cdot 100}{353} = 1,13$
Променисте теплосприйняття топки	$Q^{пр}_T$	$\varphi(Q_T - I_{Г''})$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$0,994 \cdot (14465 - 2873) = 11521,6$

Формула (3.2) [20]

$$t''_T = \frac{T_a}{1 + M \cdot W_0^{0,3} \cdot \left(\frac{5,67 \cdot \psi_{cp} \cdot F_{ст} \cdot T_a^3}{10^{11} \cdot \phi \cdot B_p \cdot V_{ср}} \right)^{0,6}} - 273,$$

$$t''_T = \frac{1828}{1 + 0,594 \cdot 0,511^{0,3} \cdot \left(\frac{5,67 \cdot 0,422 \cdot 7,37 \cdot 1828^3}{10^{11} \cdot 0,994 \cdot 0,0138 \cdot 7,85} \right)^{0,6}} - 273 = 349,3^\circ\text{C}$$

Оскільки розрахункова розбіжність менше 2% перерахунок не проводимо і приймаємо температуру газів на виході з топки $t''_T = 353^\circ\text{C}$

3.2.5 Розрахунок водяного жаротрубного пучка

Розрахунок водяного жаротрубного пучка котла наведений у таблиці 3.5

Таблиця 3.6 - Розрахунок водяного жаротрубного пучка

Величина	Позначення	Формула	Розмірність	Розрахунок
1	2	3	4	5
Еквівалентний діаметр	$d_{ек}$	згідно креслень	м	0,0903
Кількість ходів по газах	$n_г$	- // -	-	5
по воді	$n_в$		-	6
Середня довжина	L	За конструктивними розмірами	м	0,867
Площа живого перерізу для проходження газів	$F_г$	$l \cdot h \cdot z$ згідно креслень	м^2	$(0,025 \cdot 0,89) \cdot 5 = 0,1113$
води	$F_в$			
Повна площа поверхні нагріву пучка сорочок	$H_{пуч}$	згідно креслень	м^2	11,07

Продовження таб. 3.6

1	2	3	4	5
Температура газів перед на вході в пучок	ϑ_{Γ}'	З розрахунку топки	$^{\circ}\text{C}$	353
Температура газів на виході з пучка	ϑ_{Π}''	приймаємо попередньо	$^{\circ}\text{C}$	200
Ентальпія газів на вході в пучком	I_{Γ}'	З розрахунку топки	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	2873,7
Ентальпія газів на виході в пучок	I_{Γ}''	За I – ϑ таблицею	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	1591,96
Теплосприйняття пучка за балансом	$Q_{\text{б}}$	$\varphi \cdot (I_{\Gamma}' - I_{\Gamma}'')$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	$0,994 \cdot (2873 - 1591) = 1274$
Темп-ра води на виході на вході	$t_{\text{в}}''$ $t_{\text{в}}'$	за завданням $t_{\text{в}}'' - Q_{\text{б}} \cdot V_{\text{п}} / (G_{\text{в}} \cdot C_{\text{п}})$	$^{\circ}\text{C}$	85 $85 - \frac{1274 \cdot 0,0138}{0,8 \cdot 4,19} = 79,75$
Середня температура газів води	$\vartheta_{\text{ср}}$ $t_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (\vartheta_{\text{кп}}' + \vartheta_{\text{кп}}'')$ $0,5 \cdot (t_{\text{в}}' + t_{\text{в}}'')$	$^{\circ}\text{C}$	$0,5 \cdot (353 + 200) = 276,5$ $0,5 \cdot (85 + 79,75) = 82,3$
Середньотемпературний напір	Δt	$\frac{(\vartheta_{\Gamma}' - t_{\text{в}}') - (\vartheta_{\Gamma}'' - t_{\text{в}}'')}{\ln\left(\frac{(\vartheta_{\Gamma}' - t_{\text{в}}') / (\vartheta_{\Gamma}'' - t_{\text{в}}'')}{(\vartheta_{\Gamma}' - t_{\text{в}}') / (\vartheta_{\Gamma}'' - t_{\text{в}}'')}\right)}$	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{(353 - 79,75) - (200 - 85)}{\ln\left(\frac{(353 - 79,75) / (200 - 85)}{(353 - 79,75) / (200 - 85)}\right)} = 182,8$
Швидкість газів в пучку	w_{Γ}	$\frac{B_{\text{п}} \cdot V_{\Gamma} \cdot (273 + \vartheta_{\text{ср}})}{273 \cdot F_{\Gamma}}$	м/с	$\frac{5,693 \cdot 0,0138 \cdot (273 + 276,5)}{273 \cdot 0,127} = 1,245$
Швидкість води в пучку	$w_{\text{в}}$	$G_{\text{в}} / (\rho_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})$	м/с	$\frac{0,8}{971,8 \cdot 0,09} = 0,0091$
Коефіцієнт кінематичної в'язкості газів води	ν_{Γ} $\nu_{\text{в}}$	- // -	$\text{м}^2/\text{с}$	$42,6 \cdot 10^{-6}$ $3,64 \cdot 10^{-6}$
Критерій Прандтля газів води	Pr_{Γ} $Pr_{\text{в}}$	- // -	--	0,655 2,2
Критерій Рейнольдса газів	Re_{Γ}	$w_{\Gamma} \cdot d / \nu_{\Gamma}$	-	$\frac{1,24 \cdot 0,0903}{42,6 \cdot 10^{-6}} = 2628,4$
Критерій Рейнольдса води	$Re_{\text{в}}$	$w_{\text{в}} \cdot d_{\text{зов.ек}} / \nu_{\text{в}}$	-	$\frac{0,009 \cdot 0,137}{3,64 \cdot 10^{-6}} = 344,2$

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5
Критерій Нуссельта	Nu_r	$0,5 \cdot \left(\frac{Re_r}{Pr}\right)^{0,5} \cdot Pr^{0,33}$	-	$0,5 \cdot \left(\frac{2628,4}{0,655}\right)^{0,5} \cdot 0,655^{0,33} = 27,24$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від газів	α_r	$\frac{Nu_r \cdot \lambda_r}{d_{ек}}$	$\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$\frac{27,54 \cdot 0,046}{0,0903} = 14,02$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією до води	$\alpha_в$	$\left(\frac{\lambda}{d_3}\right) \cdot 0,41 \cdot Re_в^{0,6} \cdot Pr_в^{0,33}$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\left(\frac{0,675}{0,137}\right) \cdot 0,41 \cdot 344,2^{0,6} \cdot 2,2^{0,33} = 87,19$
Коефіцієнт теплової ефективності	ψ	рис.7.16[1]	--	0,73
Коефіцієнт теплопередачі	K	$\frac{\psi \cdot \alpha_r}{\left(\frac{\alpha_r}{\alpha_в} + 1\right)}$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\frac{0,73 \cdot 14,02}{\frac{14,02}{87,19} + 1} = 8,81$
Теплосприйняття пучка з рівняння теплопередачі	Q_r	$K \cdot H \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} / B_p$	$\frac{кДж}{кг}$	$8,81 \cdot 11,07 \cdot 182,8 \cdot 10^{-3} / 0,0138 = 1291,87$
Розбіжність теплосприйняття	ΔQ	$\frac{(Q_r - Q_6) \cdot 100}{Q_r}$	%	$\frac{(1274,116 - 1291,87) \cdot 100}{1274,116} = 1,39$

Отже, розбіжність розрахунків по теплосприйняттю складає менше, ніж 2,5%, тому перерахунок не проводимо.

3.2.6 Перевірка теплового балансу парогенератора

Таблиця 3.7 – Відхилення теплового балансу

Напменування	Величина		Розмірність	Розрахунок
	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
Сприйнята теплота	ΣQ	$Q_{топки} + Q_{в.п} + Q_{п.п}$	$\frac{кДж}{кг}$	$11521,6 + 1281,87 = 12803,47$
Відхил балансу	ϵQ	$\frac{(Q_H \cdot \eta_{п.г.} - \Sigma Q) \cdot 100}{Q_H}$	%	$\frac{(14443 \cdot 0,8796 - 12803,47) \cdot 100}{14443} = 0,68$

3.3 Розробка геліоустановки для системи гарячого водопостачання

3.3.1 Розрахунок корисної площі сонячних колекторів

В даний час найбільш поширені плоскі колектори. Їх встановлюють нерухомо. Продуктивність пов'язана як з добовою зміною інтенсивності сонячної енергії так і з їх положенням у просторі.

Розрахунок установки сонячного теплопостачання (для потреб ГВП) ведуть користуючись температурою зовнішнього повітря та годинними сумами прямої і дифузної сонячної радіації [3].

Об'єкт проектування розташований у м. Запоріжжя. За даними із [4] обираємо середні температури зовнішнього повітря t_j та середньодобову амплітуду коливань температури A_j для місяців роботи системи сонячного теплопостачання.

Таблиця 3.8 – Кліматичні дані м. Запоріжжя протягом року: середня температура і середньодобова амплітуда коливань температури

Місяць	t_j , °C	A_j , °C
Січень	-3,5	5,9
Лютий	-2,6	6,0
Березень	2,0	7,2
Квітень	10,1	9,8
Травень	16,4	10,6
Червень	20,2	10,7
Липень	22,4	10,9
Серпень	21,4	11,3
Вересень	16,2	10,5
Жовтень	9,6	8,6
Листопад	3,5	5,6
Грудень	-1,1	5,0

Середня температура зовнішнього повітря для i -тої години j -того місяця

$$t_{ij} = t_j + 0,5 \cdot k_i \cdot A_j, \quad (3.3)$$

де k_i – коефіцієнт перерахунку для i -тої години [3].

Значення розраховані за залежністю (3.3) заносимо у табл. 3.8.

Таблиця 3.9 – Середні (t_{ij}) та осереднені температури повітря ($t_{сер}$) протягом терміну роботи сонячної системи теплопостачання

Години доби	t_{ij}	$t_{сер}$	Години доби	t_{ij}	$t_{сер}$	Години доби	t_{ij}	$t_{сер}$	Години доби	t_{ij}	$t_{сер}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Червень			Липень			Серпень			Вересень		
8	20,2	23,9	8	22,2	25,9	8	21,4	25,3	8	16,4	20,0
9	21,5		9	23,6		9	22,8		9	17,7	
10	22,8		10	24,9		10	24,2		10	19,0	
11	23,9		11	26,0		11	25,4		11	20,1	
12	24,8		12	26,9		12	26,3		12	20,9	
13	25,3		13	27,4		13	26,8		13	21,4	
14	25,5		14	27,6		14	27,0		14	21,6	
15	25,5		15	27,6		15	27,0		15	21,6	
16	25,3		16	27,4		16	26,8		16	21,4	
17	24,8		17	26,9		17	26,3		17	20,9	
18	23,9	18	26,0	18	25,4	18	20,1				
19	22,8	19	24,9	19	24,2	19	19,0				
Години роботи	t_{ij}	$t_{сер}$	Години роботи	t_{ij}	$t_{сер}$	Години роботи	t_{ij}	$t_{сер}$	Години роботи	t_{ij}	$t_{сер}$
Жовтень			Листопад			Квітень			Травень		
8	9,6	12,5	8	3,5	5,4	8	10,1	13,5	8	16,4	20,0
9	10,7		9	4,2		9	11,3		9	17,7	
10	11,7		10	4,9		10	12,5		10	19,0	
11	12,6		11	5,4		11	13,5		11	20,1	
12	13,3		12	5,9		12	14,3		12	21,0	
13	13,7		13	6,2		13	14,8		13	21,5	
14	13,9		14	6,3		14	15		14	21,7	
15	13,9		15	6,3		15	15		15	21,7	
16	13,7		16	6,2		16	14,8		16	21,5	
17	13,3		17	5,9		17	14,3		17	21,0	
18	12,6	18	5,4	18	13,5	18	20,1				
19	11,7	19	4,9	19	12,5	19	19,0				

Продовження табл. 3.9

Січень		Лютий		Березень		Вересень	
8	-3,5	8	-2,6	8	2	8	-1,1
9	-2,7	9	-1,8	9	2,9	9	-0,4
10	-2,0	10	-1,1	10	3,8	10	0,1
11	-1,4	11	-0,4	11	4,5	11	0,6
12	-0,9	12	0,0	12	5,1	12	1,0
13	-0,6	13	0,3	13	5,4	13	1,3
14	-0,5	14	0,4	14	5,6	14	1,4
15	-0,5	15	0,4	15	5,6	15	1,4
16	-0,6	16	0,3	16	5,4	16	1,3
17	-0,9	17	0,0	17	5,1	17	1,0
18	-1,4	18	-0,4	18	4,5	18	0,6
19	-2,0	19	-1,1	19	3,8	19	0,1

Для зменшення площі сприйняття і підвищення ефективності зорієнтовуємо сонячні колектори на південь, тому, коефіцієнт, що враховує азимут розташування сонячного колектора $P_A = 1$ за [3].

Місто Запоріжжя має такі географічні координати $47^{\circ}50'16''$ пн. ш. та $35^{\circ}08'18''$ сх. д.. Кут нахилу СК до горизонту приймаємо 35° , оскільки планується робота сонячної системи лише на потреби ГВП. Коефіцієнт положення СК для прямої сонячної радіації P_S має значення, наведені в табл. 2.3 і визначений за [3]

Таблиця 3.10 – Значення коефіцієнта положення СК P_S для прямої сонячної радіації для нерухомих колекторів

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P_S	2,67	1,92	1,38	1,22	1,05	0,99	1,01	1,14	1,23	1,65	2,41	3,03

Коефіцієнт положення СК для дифузної (розсіяної) сонячної радіації

$$P_D = \cos^2 \beta / 2, \quad (3.4)$$

де β – кут нахилу СК до горизонту, приймаємо $\beta = 35^{\circ}$.

$$P_D = \cos^2 35^{\circ} / 2 = 0,9097.$$

Коефіцієнт положення СК для відбитої сонячної радіації

$$P_R = \sin^2 \beta / 2, \quad (3.5)$$

$$P_R = \sin^2 35^\circ / 2 = 0,0903.$$

Коефіцієнт відбиття (альbedo) поверхні, на якій розташовані колектори, приймаємо для умов відсутності снігового покриву $a = 0,2$.

Обираємо із [4] інтенсивність прямої сонячної радіації $I_S^{\text{гоп}}$ та розсіяної сонячної радіації $I_D^{\text{гоп}}$ для м Запоріжжя, яка надходить на горизонтальну поверхню (табл. 3.10).

Таблиця 3.11 – Інтенсивність прямої сонячної радіації $I_S^{\text{гоп}}$ та розсіяної сонячної радіації $I_D^{\text{гоп}}$, яка надходить на горизонтальну поверхню

$I_S^{\text{гоп}} / I_D^{\text{гоп}}, \text{Вт/м}^2$										Місяць
8-а	9-а	10-а	11-а	12-а	13-а	14-а	15-а	16-а	17-а	
0/12	12/35	23/81	45/116	58/128	58/128	58/105	35/70	12/35	0/12	I
0/23	23/81	58/116	93/151	105/174	105/163	93/151	70/116	35/70	12/23	II
35/81	81/140	140/174	186/209	209/221	209/221	198/209	151/163	105/128	47/70	III
116/128	198/174	267/209	337/233	361/244	349/244	314/233	256/209	174/163	05/116	IV
186/151	291/186	372/221	442/233	465/244	477/244	430/233	349/221	267/186	74/140	V
244/151	349/186	442/209	512/233	547/233	523/233	477/221	407/209	302/186	09/151	VI
244/140	372/174	477/198	558/209	582/221	558/221	512/209	430/198	337/163	21/140	VII
186/116	314/151	407/174	500/186	523/198	500/198	454/186	384/174	279/151	74/116	VIII
116/93	221/128	314/151	384/186	419/186	407/186	361/174	291/151	186/128	93/81	IX
35/47	93/105	140/140	186/116	209/174	209/174	186/163	128/128	70/93	12/47	X
0/12	23/47	47/81	70/93	81/128	81/116	70/105	47/81	12/47	0/12	XI
0/0	0/23	23/70	47/128	58/116	58/116	47/93	23/70	0/35	0/0	XII

Інтенсивність сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор спрямованого на південь для гперіоду роботи геліоколектора

$$q_{\text{пад},i} = P_A \cdot P_S \cdot I_S^{\text{гоп}} + P_D \cdot I_D^{\text{гоп}} + P_R \cdot (I_S^{\text{гоп}} + I_D^{\text{гоп}}) \cdot a \quad (3.6)$$

Результати розрахунку інтенсивності сонячної радіації за формулою (3.6) наведено у табл. 3.11.

Таблиця 3.12 – Інтенсивність сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор спрямованого на південь (кут нахилу 35°)

$q_{\text{пад},i}$, Вт/м ²										Мі- сяць
8-а	9-а	10-а	11-а	12-а	13-а	14-а	15-а	16-а	17-а	
11,1	64,7	137,0	228,6	274,7	274,7	253,3	159,0	64,7	11,1	I
21,3	119,7	220,0	320,3	364,9	354,7	320,3	243,3	132,8	44,6	II
124,1	243,1	357,2	453,9	497,2	497,2	470,7	362,3	265,5	130,7	III
262,4	406,6	524,5	633,4	673,3	658,5	604,9	510,8	366,6	237,6	IV
338,8	483,4	602,4	688,3	723,0	735,8	675,4	577,8	457,7	315,7	V
386,1	524,4	639,5	732,3	767,6	743,4	685,9	604,2	477,0	350,8	VI
380,7	543,9	674,1	767,6	803,4	778,7	720,3	625,8	497,7	357,1	VII
323,0	503,7	632,8	751,6	789,4	762,7	698,3	606,1	463,2	309,1	VIII
231,1	394,6	532,0	651,8	695,5	680,5	612,0	503,3	350,9	191,2	IX
102,0	252,5	363,4	417,9	510,1	510,1	461,5	332,3	203,0	63,6	X
11,1	99,5	189,3	256,2	315,4	304,3	267,4	189,3	72,7	11,1	XI
0,0	21,3	135,0	262,0	284,4	284,4	229,5	135,0	32,5	0,0	XII

Сумарна добова сонячна радіація на площину СК [3]

$$q_{\text{пад}}^{\text{доб}} = \sum_i q_{\text{пад},i} \quad (3.7)$$

Результати розрахунку за формулою (3.7) наведено в табл. 3.12

Таблиця 3.13 – Значення сумарної добової сонячної радіації на площину колектора $q_{\text{пад}}^{\text{доб}}$ за період функціонування СК

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$q_{\text{пад}}^{\text{доб}}$, Вт·год/м ²	1478	2142	3402	4878	5598	5911	6149	5839	4842	3216	1716	1384

Кількість годин роботи СК за добу складає $i = 10$.

Температури води (етиленгліколя) на вході та на виході із геліоколектора

$$t_1 = t_{w,1} + 5, \quad (3.8)$$

$$t_2 = t_{w,2} + 5, \quad (3.9)$$

де $t_{w,1}$ – температура холодної води, $t_{w,1} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_{w,2}$ – температура гарячої води, $t_{w,2} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$t_1 = 10 + 5 = 15 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$t_2 = 55 + 5 = 60 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

ККД геліоколектора

$$\eta = \eta_0 - [i \cdot U \cdot (t_1 + t_2) / 2 - t_{cp}] / q_{\text{пад}}^{\text{доб}}, \quad (3.10)$$

де η_0 – приведена оптична характеристика СК для прямої сонячної радіації;

$U = 1,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – приведений коефіцієнт теплових втрат СК.

Результати розрахунку коефіцієнта корисної дії СК наведено у табл. 3.14

Таблиця 3.14 – Коефіцієнт корисної дії СК за місяцями роботи

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
η	0,34	0,48	0,6	0,63	0,65	0,66	0,67	0,66	0,63	0,59	0,40	0,31

Площа поверхні поглинання системи сонячного теплопостачання

$$F = 1,16 \cdot G_{\text{доб}} \cdot (t_{w,2} - t_{w,1}) \cdot C_p / [\eta \cdot q_{\text{пад}}^{\text{доб}}], \quad (3.11)$$

де $G_{\text{доб}}$ – добове навантаження системи гарячого водопостачання, л/доб;

C_p – теплоємність води, Дж/кг.

Згідно із початковими даними дорожньо-ремонтний пункт споживає 5670 л/добу гарячої води.

Результати необхідної площі сонце поглинальної поверхні СК наведено у табл. 3.14.

Таблиця 3.15 – Розрахункова площа сонцепоглинальної поверхні геліоколектора за періодом роботи

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
F, м ²	679,8	331,8	167,9	110,8	93,3	87,3	83,3	88,6	111,6	180,2	489,6	795,4

За результатами розрахунку, що наведені в табл. 3.3.8 вище, яку площу за повинні займати геліоколектори, якщо вони мають покривати повністю потреби дорожньо-ремонтного пункту в гарячому водопостачанні у певному місяці року.

3.4 Підбір обладнання комбінованої системи теплозабезпечення

3.4.1 Вибір котлоагрегатів

Розрахунок котлоагрегату наведено у розділі 3. Обрано 2 котла потужністю 150 кВт кожний. Марка котла Logica 150. Так як максимальна котужність опалення 128 кВт, тому було обрано сталевий котел з потужністю 150 кВт, що буде достатньо для потреб котельні. Два котла для того, щоб при необхідності почистити топку котла і не відключати повністю систему опалення.

Поки працює один котел, за необхідності обслуговується другий відповідним персоналом.

3.4.2 Вибір котлів і насосів

Оскільки потужність котельні в максимально опалювальний період складає $Q_k = 225$ кВт, то для забезпечення потреб теплопостачання необхідне встановлення двох котлів Logica 150, встановлена потужність яких становить 300 кВт. Для забезпечення резерву необхідно встановити ще два газових котли.

Для забезпечення циркуляції теплоносія і холодної води в котельні необхідно встановлені такі насоси: мережний, насос сирої води, насоси систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Насоси вибирають за їх технічними характеристиками з урахуванням необхідної подачі та напору.

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції теплоносія в тепловій мережі. Їх подача (м³/год) визначається за максимальною масовою витратою мережної води. В разі паралельної роботи кількох насосів подача кожного менше, ніж в технічній характеристиці, то загальну подачу слід приймати з відповідним запасом 10...20 %:

$$V_{\text{МН}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{МН}} \cdot 3600}{\rho_{\text{МН}}}, \quad (3.12)$$

де $G_{\text{МН}}$ – масова витрата мережної води, кг/с;

$\rho_{\text{МН}}$ – густина мережної води на вході в мережний насос, кг/м³.

Згідно з довідника [3] встановлюється не менше двох мережних насосів, причому у випадку зупинки будь-якого з насосів сумарна подача працюючих агрегатів повинна забезпечувати максимальну розрахункову подачу мережної води (для однотипного обладнання потрібно встановлювати додатково один резервний насос).

Напір насоса повинен забезпечувати покриття втрат тиску мережної води в схемі споживача, у водогрійному котлоагрегаті, водопідігрівній установці, а також втрат тиску в трубопроводах та арматурі з відповідним запасом 10...15%. Для спрощеного розрахунку можна приймати напір мережних насосів 0,3...1 МПа.

Для циркуляції води в системі опалення закритої схеми, обираємо насос

$$V_{\text{тп}} = \frac{(1,1...1,2) \cdot G_{\text{тм}}^{\text{зак.ст.}} \cdot 3600}{\rho_{\text{тм}}} \quad (3.13)$$

Об'ємна подача насоса води в опалювальний період

$$V_{\text{тп}}^{\text{соп.зак.ст.}} = \frac{1,15 \cdot 0,32 \cdot 3600}{992,2} = 1,33 (\text{м}^3/\text{год}),$$

$$V_{\text{тп}}^{\text{оп.зак.ст.}} = \frac{1,15 \cdot 0,73 \cdot 3600}{986} = 3,06 (\text{м}^3/\text{год}),$$

Для роботи котельні в опалювальний і міжопалювальний періоди обираємо насос марки «Wilo» TOP-S 30/7 з подачею 3.06 м3/год, напором 5,8 м, споживана потужність 182 Вт.

Для циркуляції води у підігрівнику системи опалення адміністративної будівлі обираємо насос системи опалення, його подача визначається витратою мережної води на опалення

$$V_{\text{оп}} = \frac{(1,1...1,2) \cdot G_{\text{тм}}^{\text{оп}} \cdot 3600}{\rho_{\text{тм}}}, \quad (3.14)$$

Об'ємна подача насоса системи опалення в опалювальний та середньо-опалювальний періоди, відповідно

$$V_{\text{ноп}}^{\text{оп}} = \frac{1,15 \cdot 0,91 \cdot 3600}{983,2} = 3,83 (\text{м}^3/\text{год}),$$

$$V_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = \frac{1,15 \cdot 0,4 \cdot 3600}{992,2} = 1,66 (\text{м}^3/\text{год}).$$

Для роботи котельні в опалювальний період обираємо насос, марки «Wilо» TOP-S 40/7 з подачею 3,83 м³/год, напором 6,7 м і споживана потужність 275 Вт.

Для циркуляції води у підігрівнику системи ГВП обираємо насос системи опалення, його подача визначається витратою мережної води на ГВП

$$V_{\text{ГВП}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} \cdot 3600}{\rho_{\text{ТМ}}}, \quad (3.15)$$

Об'ємна подача насоса системи ГВП в опалювальний, середньоопалювальний та міжпалювальний періоди, відповідно

$$V_{\text{нгвп}}^{\text{оп}} = V_{\text{нгвп}}^{\text{соп}} = V_{\text{нгвп}}^{\text{моп}} = \frac{1,15 \cdot 0,704 \cdot 3600}{983,2} = 2,96 (\text{м}^3/\text{год}).$$

Для роботи котельні в обираємо насос марки «Wilо» TOP-S 30/7 з подачею 2,96 м³/год, напором 5,9 м і споживана потужність 179 Вт.

Для циркуляції води через калорифер системи вентиляції обираємо насос системи вентиляції, його подача визначається витратою мережної води на вентиляцію

$$V_{\text{вент}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{ТМ}}^{\text{вент}} \cdot 3600}{\rho_{\text{ТМ}}}, \quad (3.16)$$

Об'ємна подача насоса системи вентиляції в опалювальний та середньо-опалювальний періоди, відповідно

$$V_{\text{нвент}}^{\text{оп}} = \frac{1,15 \cdot 0,43 \cdot 3600}{983,2} = 1,81 (\text{м}^3/\text{год}),$$

$$V_{\text{нвент}}^{\text{соп}} = \frac{1,15 \cdot 0,29 \cdot 3600}{992,2} = 1,21 (\text{м}^3/\text{год}),$$

Для роботи котельні обираємо обираємо 1 насос робочий і 1 резервний «Wilо» TOP-S 30/5 з подачею 1,81 м3/год, напором 4,7 м і споживана потужність 114 Вт.

Сумарна споживана потужність насосів в середньоопалювальний та міжопалювальний періоди роботи котельні, відповідно, Вт

$$N_{\Sigma}^{\text{соп}} = N_{\text{ноп.ад}}^{\text{соп}} + N_{\text{нгвп}}^{\text{соп}} + N_{\text{вент}}^{\text{соп}} + N_{\text{тп.зк.ст}}^{\text{соп}}, \quad (3.17)$$

$$N_{\Sigma}^{\text{соп}} = 275 + 179 + 114 + 182 = 750 (\text{Вт});$$

$$N_{\Sigma}^{\text{моп}} = N_{\text{нгвп}}^{\text{соп}} + N_{\text{вент}}, \quad (3.18)$$

$$N_{\Sigma}^{\text{моп}} = 179 + 20 = 199 (\text{Вт});$$

Вибір трубопроводів для димових газів

Загальна подача димових газів під час роботи двох котлів Logica 150 в опалювальний період

$$Q_{\text{д}}^{\text{оп}} = k \cdot V_{\text{рк}} \cdot [V_{\text{г0}} + (\alpha_{\text{д}} - 1) \cdot V_0] \cdot ((t_{\text{д}} + 273) / 273) \cdot 3600, \quad (3.19)$$

де k – коефіцієнт запасу, що дорівнює 1,1;

$V_{\text{рк}}$ – розрахункова витрата палива, кг/с (м3/с);

V_0 – теоретична кількість повітря, необхідна для згорання 1 м3 газоподібного палива, м3/м3;

$V_{\text{г0}}$ – теоретичний об'єм продуктів згорання палива, м3/м3;

$\alpha_{\text{в}}$ і $\alpha_{\text{д}}$ – коефіцієнти надлишку повітря перед вентилятором і димососом відповідно;

$t_{\text{д}}$ – температура димових газів перед димососом, °С.

$$Q_{\text{д}}^{\text{оп}} = 1,1 \cdot 0,0185 \cdot [5,693 + (1,3 - 1) \cdot 3,75] \cdot [(353 + 273) / 273] \cdot 3600 = \\ = 1145,3 \text{ (м3/год)},$$

Підбір розширювального бачка

Ємність закритого розширювального бака систем опалення, приєднаних до котельні, повинна бути розрахована з урахуванням її розташування, висоти будинку і ємності системи опалення. Неправильний вибір об'єму посудини може стати причиною аварії [4].

Об'єм розширювального бачка

$$V = 40 \cdot 10^{-6} \cdot V_{\text{co}}(t_{\text{ср}}) 1,55 \cdot (P_{\text{кр}} + 0,1) \cdot k / (P_{\text{кр}} - P_{\text{н}}), \quad (3.20)$$

де $P_{\text{кр}} = 0,6$ МПа;

$$P_H = 0,2 \text{ МПа};$$

V_{co} – об'єм води в системі опалення, який розраховується в залежності від її теплової потужності і середній температурі теплоносія і підбирається з додатків.

$$V_{co} = 71 \cdot (8,8 + 0,82) + 55 \cdot 8,8 + 35 \cdot (8,8 + 0,25) + 57 \cdot (8,8 + 0,25) + 1000 = 2999 \text{ л},$$

$$V = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 2999 \cdot (70)1,55 \cdot (0,6 + 0,1) \cdot 1,1 / (0,6 - 0,2) = 167,2 \text{ л}.$$

Вибираємо такий розширювальний бак: Reflex G200 ємністю 200 л.

Вибір трубопроводів

В котельні трубопроводи використовують для транспортування теплоносія. Теплоносієм є вода. Трубопроводи підбирають по діаметрам. Діаметри трубопроводів визначаються виходячи розрахункових максимальних витрат, а також допустимих швидкостей води. Швидкість води має становити 0,5...2 м/с, причому чим більша довжина трубопроводу, тим менша швидкість води в ньому.

Швидкість води – 0,8 (м/с).

Діаметр трубопроводу

$$d_{TM} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{TM}}{\pi \cdot w \cdot \rho}}, \quad (3.21)$$

де G_{TM} – витрата теплоносія в трубопроводі, кг/с ;

w – швидкість теплоносія в трубопроводі, м/с ;

ρ – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м³.

Таблиця 3.16 – Діаметри трубопроводів

Назва трубопроводу	Витрата теплоносія, кг/с	Густина теплоносія, кг/м ³	Позначення	Розмірність	Розрахунковий діаметр	Стандартний діаметр
Прямий трубопровід ГВП	0,705	977,8	$d_{\text{ГВП}}$	ММ	33,8	40
Трубопровід вентиляції	0,43	977,8	$d_{\text{вент}}$	ММ	26,4	32
Трубопровід оп.адм.буд.	0,74	977,8	$d_{\text{оп.ад}}$	ММ	38,4	50
Трубопровід опалення закр.ст.	0,73	977,8	$d_{\text{зак.ст.}}$	ММ	34,4	40
Прямий трубопровід	2,774	977,8	$d_{\text{ТМ}}$	ММ	67,2	89
Прямий трубопровід/2	1,387	977,8	$d_{\text{ТМ}/2}$	ММ	47,5	57×3
Трубопровід додаткової води	0,00416	977,8	$d_{\text{дв}}$	ММ	2,6	25
Трубопровід ГВП	0,291	990,1	$d_{\text{ГВП}}$	ММ	21,6	32

3.4.3 Підбір вентилятора та димососа до котлів

Оскільки, на котельні розміщено 2 котла, однакової марки, тому проведемо розрахунок тільки для одного котла.

Вентилятор і димосос повинні надійно забезпечувати подачу необхідного для горіння палива повітря в топку і видалення продуктів його згорання з котла при всіх режимах його роботи, підтримуючи задане постійне розрідження або тиск в топці [5].

Основними параметрами, що визначають вибір вентилятора і димососа, є необхідна їх подача і тиск при номінальному навантаженні котла.

$$Q_B = 1,2 \cdot \frac{B_P}{n} \cdot \frac{t_{\text{пов}} + 273}{273} \cdot V_{\text{пов}}^0 \cdot \alpha_T \cdot 3600, \quad (3.22)$$

де k – коефіцієнт запасу, що дорівнює 1,2;

B_P – витрата робочого палива, м³/с;

$V_{\text{пов}}^0$ – теоретичний об'єм повітря, який необхідний для згорання 1 кг палива, (м³/кг);

α_T – коефіцієнт надлишку повітря;

n – кількість котлів.

$$Q_B^{\text{оп}} = 1,2 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,0185}{2} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,625 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 283,64 \quad (\text{м}^3/\text{год}),$$

$$Q_B^{\text{соп}} = 1,2 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,0114}{2} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,625 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 174,78 \quad (\text{м}^3/\text{год}),$$

$$Q_B^{\text{моп}} = 1,2 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,0047}{2} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,625 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 72,06 \quad (\text{м}^3/\text{год}).$$

Вибираємо 2 вентилятори марки WPA 03 з подачею 300 м³/год і потужністю електродвигуна 65 Вт.

Оскільки у червні за кліматичними даними м. Запоріжжя визначено найбільшу кількість падаючої сонячної радіації, тому він обраний за розрахунковий за [3] для потреб гарячого водопостачання.

До встановлення обираємо геліоколектори Vaillant auroTHERM VFK 145/2V [5].

Характеристики геліоколекторів наведені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.17 – Характеристики геліоколекторів

Найменування показників	Величина
Площа (бруто/нето), м ²	2,51/2,35
Об'єм теплоносія, л	1,85
Товщина теплоізоляційного шару, мм	40
Нормативний коефіцієнт корисної дії, η_0 , %	79,1
Температура стагнації, °С	171
Діаметр для приєднання, мм	16
Габаритні розміри, мм	глибина ширина висота
	80 1233 2033
Маса порожнього колектора, кг	38

Кількість геліоколекторів

$$N = F / f_0 \quad (3.23)$$

Таблиця 3.18 – Кількість геліоколекторів

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
N, шт	289,2	141,2	71,4	47,1	39,7	37,1	35,4	37,7	47,5	76,7	208,3	338,4

$$N = 83,3 / 2,35 = 35,4 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо до встановлення 36 колекторів.

Площа сприйняття сонячної радіації колекторами

$$F_{\text{кол}} = f_0 \cdot N, \quad (3.24)$$

Таблиця 3.19 – Площа сприйняття сонячної радіації

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$F_{\text{кол}}, \text{ м}^2$	679,8	331,8	167,9	110,8	93,3	87,3	84,6	88,6	111,6	180,2	489,6	797,4

$$F_{\text{кол}} = 2,35 \cdot 36 = 84,6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Підбір насосів

У контурі встановлюємо насосну групу сонячного контуру autoFLOW VMS 70 (виробник Vaillant) у кількості 2 шт. для забезпечення циркуляції води (етиленгліколю), з характеристиками [6]:

- площа колекторів до 70 м²;
- насос, що має частотнерегулювання, з напором $H=10,5$ м;
- автоматичне регулювання потоку;
- підключення $\frac{3}{4}$ " із затискним ущільненням ;
- споживання електроенергії 130 Вт.

Для забезпечення циркуляції теплоносія через бівалентний нагрівач від твердопаливного котла (дублера) встановлюємо насос Wilo –TOP-S 50/10, що має характеристики $Q=30$ м³/с, $H= 87$ кПа та $N_e= 0,44$ кВт [7].

Для циркуляції води у підігрівнику системи ГВП обираємо насос системи опалення, його подача визначається витратою мережної води на ГВП

$$V_{\text{ГВП}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} \cdot 3600}{\rho_{\text{ТМ}}}, \quad (3.25)$$

Об'ємна подача насоса системи ГВП в опалювальний, середньоопалювальний та міжпалювальний періоди, відповідно

$$V_{\text{нгвп}}^{\text{оп}} = V_{\text{нгвп}}^{\text{сop}} = V_{\text{нгвп}}^{\text{моп}} = \frac{1,15 \cdot 0,704 \cdot 3600}{983,2} = 2,96 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Для роботи котельні в обираємо насос фірми «Wilо» TOP-S 30/7 з подачею 2,96 м³/год, напором 5,9 м і споживана потужність 179 Вт.

Вибір бака-акумулятора

За величиною площі СК визначаємо ємність бака-акумулятора для ГВП

$$V_{\text{б-а}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot F_{\text{кол}}, \quad (3.26)$$

$$V_{\text{б-а}} = 0,07 \cdot 84,6 = 5,92 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Обираємо ємнісний бівалентний нагрівач auroSTOR VІH S 2000 [6] у кількості 3 шт., що має такі характеристики:

- ємність (номінальна) 2000 л;
- площа теплообмінника від дублера – 4 м²;
- площа теплообмінника від системи СК – 4 м²;
- розміри: висота – 1400 мм, діаметр кожуха – 2355 мм;
- маса без теплоносія 480 кг.

До даного водонагрівача опціонально можливо підключити додатковий електронагрівник.

3.5 Показники ефективності впровадження системи сонячного гарячого водопостачання

Беручи до уваги рис. 1 та рис. 2, прийнято рішення підбирати кількість геліоколекторів, що забезпечить повністю потреби гарячого водопостачання з квітня по вересень місяць, а саме 83 колектори із площею $2,35 \text{ м}^2$ кожен. Тобто загальна площа колекторів складає $195,05 \text{ м}^2$.

Система із геліоколекторів площею $195,05 \text{ м}^2$ може відпістити у систему гарячого водопостачання $618,4 \text{ ГДж}$ теплоти, що складає $71,3\%$ від загальної потреби.

Оцінено річну економію умовного палива за рахунок впровадження геліоустановок для потреб ГВП, що складає $25,12 \text{ т/рік}$, що складає $20,62\%$ від загального річного споживання палива на котельні. Такий захід дозволить заощадити близько $123,45 \text{ тис. грн./рік}$.

3.6 Висновки до розділу 3

Розроблено теплову схему котельні, що працює на систему теплопостачання з характеристиками: максимальна потужність системи гарячого водопостачання 55 кВт , максимальна теплова потужність системи вентиляції 35 кВт , максимальна потужність системи опалення 128 кВт . Виконано розрахунок теплової схеми в різних режимах роботи з використанням в якості палива дров. Обґрунтовано вибір одиничної потужності основного обладнання котельні, а саме твердопаливного водогійного котла потужністю 150 кВт у кількості 2 шт. та ємкісного теплообмінника для потреб ГВП потужністю 55 кВт .

Виконано тепловий розрахунок водогрійного котла потужністю 150 кВт . Проведені розрахунки об'ємів та ентальпій, повітря та продуктів згорання, теплового балансу, топки, водяного та повітряного жаротрубних пучків. В проєкті також розраховано коефіцієнт корисної дії $87,96\%$, витрату палива, що дорівнює $0,0138 \text{ кг/с}$.

Підібране основне та допоміжне обладнання для роботи сонячної підсистеми теплопостачання. Підібрано сонячні колектора Vaillant aurotherm vfk 145/2v в кількості 36 штук, насосна група Vaillant Auroflow VMS 70 в кількості 2 штуки, циркуляційний насос для забезпечення від дублера wilo top s 50/10 в кількості 1 штука та емнісний бівалентний нагрівач Aurostor vih s 2000 в кількості 3 штуки.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Автоматизація теплової схеми твердопаливної частини комбінованої системи теплотзабезпечення

Вибір та обґрунтування засобів автоматизації

4.1.1 Датчики температури

Датчики температури призначені для фіксації (вимірювання) температури. Вони використовуються для контролю теплових режимів роботи котлоагрегатів, сушильних установок, деяких вузлів тертя машин.

В основному використовується термопара. Цей датчик являє собою пару з двох ізольованих провідників різних металів, що з'єднані між собою на одному кінці та утворюють два контакти на іншому. Якщо ці кінці знаходяться в різних температурних умовах, то в замкнутому колі з таких провідників виникає невелика напруга. Терморегулятор вимірює цю напругу і за допомогою відповідних алгоритмів можна дізнатись значення температури. Діапазон вимірювання термопари становить $-270...+1820^{\circ}\text{C}$, залежно від того, з якого металу виготовлено кожен із провідників.

Термопарою вимірюється температура горіння в топці котла. Дані отримані від термопари подаються на котловий регулятор RK2001a.

Термодатчик марки Adecs використовується для вимірювання температури теплоносія в трубопроводах і подачі показників температури на цифровий індикатор регулятора.

Характеристики:

- довжина проводу з датчиком – 2 м;
- мінімальна температура виміру -55°C ;
- максимальна температура $+125^{\circ}\text{C}$;
- універсальний.

4.1.2 Манометри

Манометр – це прилад, для вимірювання тиску рідини, газу або пари. Вони використовуються у всіх випадках, коли необхідно знати, контролювати і регулювати тиск. Основою вимірювальної системи манометра є чутливий елемент, котрий виконує функцію первинного перетворювача тиску. Залежно від принципу дії і конструкції чутливого елемента розрізняють манометри рідинні, поршневі і деформаційні. На водогрійній котельні повинні бути встановлені манометри класом точності не нижче 2,5. Рекомендується встановлювати манометри з такою шкалою, щоб при робочому тиску їх стрілка знаходилась в середині третини шкали. На шкалу ще додатково наносять відмітку, яка відповідає дозволеному тиску у котлі. Дозволяється наносити мітку червоного кольору по шкалі, або встановити на корпусі металічну пластинку пофарбовану в червоний колір, яка щільно прилягає до скла манометра. Наносити відмітку поверх скла циферблату фарбою забороняється. В даній котельні використовуються манометри мембранні, марки BART.

Характеристики манометра BART:

- різьба 1/4";
- мембранний;
- рідинний;
- IP65;
- діаметр корпусу 63 мм;
- діапазон вимірювання від 0 до 10 бар;
- шкали вимірювання в бар і кПа.

4.1.3 Пускачі для мережного насоса

При автоматичному управлінні насосним агрегатом рукоятка перемикача ставиться в положення А (автоматичне керування). Через контакти спрацьовує реле, яке замикає мережу і вмикає насос. При зниженні температури

води на виході з котла подається сигнал на регулятор і від регулятора до пускача, який автоматично вимикає мережний насос. В котельні встановлено пускач для насоса Pedrollo QEM 200. Він призначений для запуску і теплового захисту. Використовується з однофазними насосами, потужністю не більше 1,5 кВт та номінальним струмом 13 А.

4.2 Технологія монтажу твердопаливної частини комбінованої системи теплозабезпечення

4.2.1 Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу

В магістерській кваліфікаційній роботі представлено розробку технології монтажу водогрійної твердопаливної котельні потужністю 225 кВт в м.Запоріжжя.

Джерелами теплопостачання дорожньо-ремонтного пункту є два котли Logica 150, які призначені для вироблення теплоти і нагрівання теплоносія. Тепло відбирається з котлоагрегатів і подається на розподільчі гребінки. Підігрів води на потреби ГВП відбувається за допомогою ємнісного теплообмінника.

4.2.1 Вибір основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання комплектувальних відомостей

До монтажних робіт системи входить монтаж модулів нагріву, трубопроводів з відповідною арматурою.

В об'єм монтажних робіт не входять роботи по монтажу газоходів.

Після аналізу складових елементів твердопаливної водогрійної котельні складено перелік основних та допоміжних виробів та матеріалів, що наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Основне обладнання

№ п. п.	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса загальна, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Твердопаливний котел Logica 150	шт	2	1500	3000
2	Ємкісний підігрівач гарячої води reflex SF1000, V=1000 л	шт	1	304	304
3	Гідравлічний розділювач 219х3,0	шт	1	16	16
4	Насос циркуляційний для системи опалення Wilo TOP-S 40/7	шт	1	11	11
5	Насос циркуляційний для системи тепlopостачання вентиляційної установок Wilo TOP-S 30/5	шт	1	4	4
6	Насос циркуляційний для системи тепlopостачання закритої стоянки Wilo TOP-S 30/7	шт	1	5	5
7	Насос циркуляційний для системи водopостачання адміністративно-виробничої Wilo TOP-S 30/7	шт	1	5	5
8	Кран кульовий запірний муфтовий Ду40	шт	8	0,91	7,28
9	Кран кульовий запірний муфтовий Ду32	шт	10	0,6	6
10	Кран кульовий запірний муфтовий Ду25	шт	1	0,4	0,4
11	Кран кульовий запірний муфтовий Ду25	шт	1	0,25	0,25
12	Кран кульовий запірний муфтовий Ду50	шт	2	1,3	2,6

Продовження таб. 4.1

1	2	3	4	5	6
13	Розподільча гребінка Ду108x4,0	шт	2	10,3	62,6
14	Фільтр сітчастий Ду40	шт	2	0,61	1,22
15	Фільтр сітчастий Ду32	шт	2	0,54	1,08
16	Кран зворотній Ду40	шт	2	4,2	8,4
17	Кран зворотній Ду32	шт	2	3,5	7
18	Клапан поворотний 3-ох ходовий Ду40	шт	2	1,5	3
19	Клапан поворотний 3-ох ходовий Ду32	шт	1	1,2	1,2
20	Електропривід	т	3	0,0065	0,0195
21	Трубопроводи зі сталевих труб, d=57x3 мм	м	6,558	4,0	26,3
22	Трубопроводи зі сталевих труб d=87x3 мм	м	16,441	7,3	120,1
23	Трубопроводи зі сталевих труб, d=45x2,5 мм,	м	6,600	2,6	17,2
24	Трубопроводи зі водогазопроводних сталевих труб із муфтовими з'єднаннями, Ду 40 мм	м	2,258	2,3	5,2
25	Трубопроводи зі сталевих труб, Ду 32 x2,5 мм	м	30,956	2,15	66,6
26	Трубопроводи зі водогазопроводних сталевих труб із муфтовими з'єднаннями, Ду 32	м	6,712	2,15	14,5
27	Трубопроводи зі сталевих труб, Ду 25	м	9,447	1,76	16,7
28	Трубопроводи зі водогазопроводних сталевих труб із муфтовими з'єднаннями, d=20, 12-1-1	м	25,361	1,5	38,1
					3752,75

Продовження табл. 4.1

Потреба в допоміжних матеріалах					
Допоміжне обладнання до твердопаливного котла [1]					
1	2	3	4	5	6
29	Масло індустріальне И-20А	т	2	0,00005	0,1
30	Електроди, d=4 мм, марка Э42	т	2	0,00138	2,76
31	Олифа натуральна	кг	2	0,04	0,08
31	Прокладки резинові	кг	2	0,25	0,5
32	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00802	16,04
33	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 Мпа, діаметр 50 мм	шт	2	1	2
Допоміжне обладнання до ємкісного підігрівача гарячої води V=1000 л [1]					
35	Асбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	1	0,00468	4,68
36	Масло індустріальне И-20А	т	1	0,0001	0,1
37	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00065	0,65
38	Олифа натуральна	кг	1	0,03	0,03
39	Прокладки резинові	кг	1	0,05	0,05
40	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00316	3,16
41	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 Мпа, діаметр 50 мм	шт	1	3	3
42	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 Мпа, діаметр 65 мм	шт	1	2	2
43	Вода	м ³	1	0,9	900
44	Прядиво лляне	т	1	0,00003	0,03
45	Пароніт	т	1	0,0002	0,2
46	Сурик свинцевий	т	1	0,00006	0,06

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Допоміжне обладнання до гідравлічного розділювача 219x3,0 [1]					
47	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00042	0,42
48	Олифа натуральна	кг	1	0,02	0,02
49	Розчин готовий кладовий тяжкий цементний, марка М50	м ³	1	0,0008	0,8
50	Очес лляний	т	1	0,00002	0,02
51	Сурик свинцевий	т	1	0,00002	0,02
Допоміжне обладнання до насоса циркуляційного для системи опалення Wilo TOP-S 40/7... 4 шт					
52	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	4	0,00039	1,56
53	Прокладки резинові	кг	4	0,07	0,28
54	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стержней з різьбою	т	4	0,0022	0,0088
55	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	4	0,00127	0,00508
56	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, АСт3сп3, тиск 1 МПа, діаметр 50 мм	шт	4	1	4
57	Розчин готовий кладовий тяжкий цементний, марка М50	м ³	4	0,014	0,056
Установка муфтових кранів водорозбірних. Група 167 [1]					
59	Краска земляна густотерта масляна, мумія, сурик залізний МА-015	т	0,22	0,0008	0,176
60	Прядиво лляне	т	0,22	0,00015	0,033
Допоміжне обладнання до гребінки 108x4.0 [1]					
61	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00018	0,18
62	Олифа натуральна	кг	1	0,02	0,02
63	Розчин готовий кладовий тяжкий цементний, марка М50	м ³	1	0,005	5
64	Очес лляний	т	1	0,00001	0,01

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
65	Сурик свинцевий	т	1	0,00001	0,01
Установка фільтра сітчастого Ду40					
66	Електроди, діаметр 4мм, марка Э42	т	2	0,00007	0,14
Установка фільтра сітчастого Ду32					
67	Електроди, діаметр 4мм, марка Э42	т	2	0,00008	0,16
Установка зворотнього клапану Ду40, група 19					
68	Електроди, діаметр 4мм, марка Э42	т	0,02	0,037	0,74
69	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	0,02	0,11	2,2
70	Пароніт	т	0,02	0,01	0,2
Установка зворотнього клапану Ду32, група 19					
71	Електроди, діаметр 4мм, марка Э42	т	0,02	0,037	0,74
72	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	0,02	0,11	2,2
73	Пароніт	т	0,02	0,01	0,2
Клапан поворотний 3-ох ходовий Ду40					
74	Краска земляна густотерта масляна, мумія, сурик залізний МА-015	т	0,02	0,0008	0,016
75	Прядиво лляне	т	0,02	0,00015	0,03
Клапан поворотний 3-ох ходовий Ду32					
76	Краска земляна густотерта масляна, мумія, сурик залізний МА-015	т	0,01	0,0008	0,008
77	Прядиво лляне	т	0,01	0,00015	0,015
Монтаж трубопровода d= 57x3,0 мм [2]					
78	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,0263	1,5	9,8
79	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	т	0,0263	0,008	0,21
80	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180x6 мм	шт	0,0263	0,8128	0,0213

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
81	Пароніт	т	0,0263	0,007	0,184
82	Пропан-бутан технічний	м ³	0,0263	0,15	0,0039
Монтаж трубопровода d=87x3,0 мм [2]					
83	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,1201	1,2	0,144
84	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	т	0,1201	0,005	0,6
85	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180x6 мм	шт	0,1201	0,635	0,08
86	Пароніт	т	0,1201	0,003	0,36
87	Пропан-бутан технічний	м ³	0,1201	0,15	0,018
Монтаж трубопровода d _y =45мм [2]					
88	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,0172	0,0006	0,01
89	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,0172	2,1	0,036
90	Проволка зварна легована, діаметр 2мм	т	0,0172	0,0023	0,039
91	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180x6мм	шт	0,0172	1,32	0,022
92	Пароніт	т	0,0172	0,008	0,137
93	Пропан-бутан технічний	м ³	0,0172	0,1	0,0017
Монтаж муфтового трубопровода d _y =40 мм [2]					
94	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,052	0,0002	0,0104
95	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,052	0,67	0,034
96	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180x6 мм	шт	0,052	1,016	0,052
Монтаж трубопровода d _y =32 мм [2]					
97	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,0666	0,0006	0,039
98	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,0666	2,1	0,013
99	Дріт зварний легований, діаметр 2 мм	т	0,0666	0,0023	0,153

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
101	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6мм	шт	0,0666	1,7	0,004
102	Пароніт	т	0,0666	0,01	0,666
103	Пропан-бутан технічний	м ³	0,0666	0,1	0,0066
Монтаж муфтового трубопровода d _y =32 мм					
104	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,145	0,0002	0,029
105	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,145	0,67	0,097
106	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,145	1,016	0,147
Монтаж трубопровода d _y =25 мм					
107	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,0167	0,0006	0,01
108	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,0167	2,1	0,035
109	Проволка зварна легована, діаметр 2мм	т	0,0167	0,0023	0,038
110	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6мм	шт	0,0167	2,01	0,0335
111	Пароніт	т	0,0167	0,012	0,2
112	Пропан-бутан технічний	м ³	0,0167	0,1	0,001
Монтаж муфтового трубопровода d _y =20 мм					
113	Ацетилен розчинний технічний, марка А	т	0,381	0,0001	0,038
114	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,381	0,52	0,198
115	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,381	1,016	0,38
1					68,39

Загальна маса обладнання – 3752,75 кг.

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає – 3821,14 кг.

4.2.2 Вибір та обґрунтування типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій для монтажних робіт.

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано автомашиною Mercedes Atego [3]. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики автомашини " Mercedes Atego "

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	до 5000
Кількість осей:		
загальна	шт	2
ведучих	шт	1
Висота для вантажу	мм	2239
Найбільша швидкість	км/год	120
Радіус повороту	м	12,3
Колія колес:		
передні	мм	3020
задні	мм	4820
Витрата палива	л/100 км	18
Габарити:		
Довжина		6025
Ширина		2311
Висота		2527
Маса	кг	6500

Для зварювання використовується зварювальний апарат кисневої зварювання КЕМPER 555D [4]. Його технічна характеристика:

- температура факелу більше 2850 °С;
- потужність 1,2 кВт;
- використовується без підключення до мережі;
- пальник з двома насадками діаметром 0,5 мм і 0,65 мм;
- редуктор тиску;
- зворотній клапан, який оберігає від самозагоряння;

- рукав газовий 1,5 м. Кількість - 2 шт;
- Маса – 7 кг.

Для зварювання запірної арматури потрібен зварювальний апарат електрично дуговий Техас ТА-00-104 [5]. Його технічна характеристика:

- напруга мережі 220 В;
- робоча напруга 160 В – 250 В;
- мінімальний зварювальний струм 20 А;
- максимальний зварювальний струм 300 А;
- частота струму в мережі 50 Гц;
- мінімальний діаметр електрода 1,6 мм;
- максимальний діаметр електрода 4 мм;
- температурний діапазон роботи від -25°C до +50°C;
- функція захисту від ураження електричним струмом;
- коефіцієнт корисної дії 60 %;
- габарити 250x100x150 мм;
- вага 3,5 кг.

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо випробування повітрям завдяки компресора Metabo Basic 250-24 W [6], його характеристика в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики гідравлічного пресу Metabo Basic [6]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм повітрозбірника	л	24
Тиск (робочий)	бар	8
Продуктивність на вході	л/хв	200
Продуктивність на виході	л/хв	110
Розміри	мм	900x100x140
Маса	кг	27

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики електричної дрелі Dnipro-M TD-60[7].

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Крутний момент	Н•м	22
Кількість обертів	об/хв	0-750
Потужність робоча	кВт	0,4
Потужність номінальна	кВт	0,3
Потужність максимальна	кВт	0,5
Маса	кг	3

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики кутової шліфмашини Dnipro-M GL-125S [8].

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Діаметр круга	мм	125
Кількість обертів	об/хв	4000-11000
Потужність робоча	кВт	1,05
Потужність номінальна	кВт	0,86
Потужність максимальна	кВт	1,25
Маса	кг	2,3

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом Dragon Winch 5000 DWP [9]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кН	2,265
Швидкість навивки каната	м/с	0,3
Діаметр барабана	мм	90
Канатоємність	м	9
Потужність двигуна	кВт	2,1
Габарити:		
Довжина	мм	270
Ширина	мм	280
Висота	мм	235
Маса	кг	24

Таблиця 4.7 –Візок гідравлічний ручний спеціальний Модель DFZ

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	2000
Довжина вил	мм	1550
Ширина вил	мм	840
Маса	кг	80

Загальна маса допоміжного обладнання разом із стандартним набором інструментів і пристосувань для монтажників складає 154,85 кг.

4.2.3 Витрата паливних та енергетичних ресурсів

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [13]

$$De = M_{м.г.} \cdot V_p \cdot N_{ел.}, \quad (4.1)$$

- для монтажу твердопаливного котла використовується апарат для зварювання

$$De = 1,67 \cdot 2 \cdot 1,2 = 6,408 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

- для монтажу теплообмінника використовується апарат для зварювання

$$De = 1,71 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,91 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

- для монтажу наносів використовується апарат для зварювання

$$De = 0,85 \cdot 3 \cdot 1,2 = 3,06 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

- для монтажу гребінки використовується апарат для зварювання та електрична дріль

зварювальний апарат:

$$De = 0,51 \cdot 2 \cdot 1,2 = 1,224 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

електрична дріль:

$$De_{к.ш.м.} = 0,09 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,072 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

-для монтажу фільтру використовується зварювальний апарат

$$De=0,5 \cdot 3 \cdot 1,2=1,8 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

-для монтажу зворотнього клапана використовується зварювальний апарат та лебідка

зварювальний апарат:

$$De = 6 \cdot 3 \cdot 1,2 = 21,6 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

лебідка:

$$De=0,58 \cdot 3 \cdot 2,1 = 3,65 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

-для монтажу трубопроводів

Діаметр 87х3,0

зварювальний апарат:

$$De = 30,1 \cdot 16,441 \cdot 1,2 = 593,84 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

лебідка:

$$De = 9,6 \cdot 16,441 \cdot 2,1 = 331,45 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

кутова шліфмашина:

$$De=2,5 \cdot 16,441 \cdot 1,05=43,15 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

Діаметр 57х3,0

зварювальний апарат:

$$De=51,4 \cdot 6,558 \cdot 1,2=404,49 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

лебідка:

$$De=16 \cdot 6,558 \cdot 2,1=220,08 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

кутова шліфмашина:

$$De=3,2 \cdot 6,558 \cdot 1,05=22,03 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

Ду 45

зварювальний апарат:

$$De=80 \cdot 6,6 \cdot 1,2=633,6 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

лебідка:

$$De=17,6 \cdot 6,6 \cdot 2,1=243,93 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

кутова шліфмашина:

$$De=5,2 \cdot 6,6 \cdot 1,05=36,03 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

Ду 40, Ду 32

зварювальний апарат:

$$De=1,3 \cdot 8,96 \cdot 1,2=13,97 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

лебідка:

$$De=4 \cdot 8,96 \cdot 2,1=75,26 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

кутова шліфмашина:

$$De=4 \cdot 8,96 \cdot 1,05=37,63 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

Ду 32

зварювальний апарат:

$$De=84 \cdot 30,95 \cdot 1,2=3119,76 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

лебідка:

$$De=19,2 \cdot 30,95 \cdot 2,1=1247,9 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

кутова шліфмашина:

$$De=6,7 \cdot 30,95 \cdot 1,05=217,73 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

Ду 25

зварювальний апарат:

$$De=94,1 \cdot 9,44 \cdot 1,2=1065,96 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

лебідка:

$$De=20,8 \cdot 9,44 \cdot 2,1=412,33 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

кутова шліфмашина:

$$De=7,9 \cdot 9,44 \cdot 1,05=78,3 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

Ду 20

зварювальний апарат:

$$De=1 \cdot 25,36 \cdot 1,2=30,43 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

лебідка:

$$De=3 \cdot 25,36 \cdot 2,1=159,76 \text{ (кВт}\cdot\text{год);}$$

кутова шліфмашина:

$$De=4 \cdot 25,36 \cdot 1,05=106,51 \text{ (кВт}\cdot\text{год).}$$

4.3 Висновки до розділу 4

В розділі було розроблено функціональну схему автоматизації водогрійної котельні на твердому паливі в м. Запоріжжя. Підібраний котловий регулятор RK2001a. Для регулювання системою опалення від твердопаливного котла - Vitodens 050 НК. Для регулювання системою опалення, теплопостачання та вентиляцією підібрано регулятор марки Vitotronic 300-K. Даними регуляторами відбувається регулювання температури на виході з твердопаливного котла до споживачів, автоматичний контроль і підтримання заданої температури. Регулювання температури за допомогою співвідношення витрати повітря-паливо. Автоматизація керування опалення та ГВП за допомогою датчиків температури, які посилають сигнали регулятору, відповідно який подає сигнал на змішувальний механізм та мережний насос. Підібрано засоби автоматизації. Проведено розрахунки триходового клапану.

Проаналізовано об'єкт який підлягає монтажу. Підібране основне та допоміжне обладнання для роботи твердопаливної водогрійної котельні. Встановлено, що маса обладнання, основних та допоміжних матеріалів і обладнання для монтажу складає 3976 кг. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 9167,774 кВт·год. Розроблений календарний графік монтажу системи, графік руху робітників, графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 52,42 люд·дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 22,71 днів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській роботі розробляються заходи з підвищення енергоефективності твердопаливної водогрійної котельні. В котельні передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробничі процеси. Усі металеві неструмопровідні частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які за ГОСТ 12.0.003-74 впливають на оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання котельні:

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена запыленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);

- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Організація робочого місця оператора технологічного обладнання (котельні) має відповідати ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032. ССБТ. “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, ДНАОП 0.00-1.31-99, ДСан Пін 3.3.2.007-98, характеру та особливостям трудової діяльності.

Площа одного робочого місця оператора технологічного обладнання повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³.

Конструкція робочого місця оператора технологічного обладнання повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого шпінтра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою “миша”, принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей.

Монітор на робочому місці встановлюється так, щоб верхній край екрана знаходився на рівні очей.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^{\circ}$ від лінії зору, площина екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в межах $5-15^{\circ}$. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Клавіші клавіатури мають бути зручними в роботі і м'якими при натисканні (хід всіх клавіш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н).

Оптимальна робоча поза:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг (застосування підставки є обов'язковим для тих, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння знаходиться на висоті, потрібній для забезпечення оптимальної робочої пози);
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом $70-90^{\circ}$ до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – $15-20^{\circ}$ відносно вертикальної площини.

Робочий стіл, крісло і інші елементи обладнання робочого місця повинні бути зручними для оператора технологічного обладнання. Так, наприклад, незручне крісло в якому сидять багато годин на день, може призвести до розвитку самих різних захворювань.

Глибина на рівні колін не менше 450, а на рівні витягнутої ноги – не менше 650. Висота поверхні сидіння робочого крісла має регулюватися в межах 400-500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15° вперед і до 5° назад. При виконанні великого обсягу роботи кращим варіантом (для хребта) буде, якщо сидіння буде трошки нахилене вперед. Кут нахилу спинки крісла повинен регулюватися в межах $0-30^{\circ}$ відносно вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння повинна регулюватися в межах 260-400 мм.

Для зниження статичного напруження м'язів рук доцільно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники, що регулюються по висоті над сидінням в межах 230 ± 30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350-500 мм.

Поверхня сидіння і спинки робочого крісла має бути напівм'якою з нековзким та повітронепроникним покриттям, що неелектризується та добре чиститься.

Підставка для ніг має бути регульованою по висоті в межах 150 мм, з кутом нахилу опорної поверхні в межах 20° . Її розміри: ширина – не менше 300мм, глибина – не менше 400 мм. Підставка повинна мати не слизьку поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче місце оператора технологічного обладнання необхідно розташувати відносно світлових прорізів (вікон) так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

5.1.2 Електробезпека

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у котельні підвищеної вологості.

Роботи пов'язані з обслуговуванням електрообладнання котельні.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

При накладенні заземлювачів у шафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛ необхідно враховувати слідуєчі вимоги: ПЛ напругою вище 1000 В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабелю при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

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

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

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

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

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

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у

певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важ- кості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.
2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.
3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту пові-

тря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину (таблиця 5.2). Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі на протязі 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці.

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій в легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Вражаюча дія пилу в основному визначається дисперсністю (розміром частинок пилу), їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

Нормовані параметри забруднювачів повітря робочої зони наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Шкідливість виробничого пилу обумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, в першу чергу пневмоконіози.

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно постійно очищувати пил та проводити вологе прибирання приміщень, за умови вимкнення устаткування.

5.2.3 Виробниче освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та 1' побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також і для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

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

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

Для забезпечення нормативних значень освітлення передбачено:

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

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

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

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні

шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Основні параметри виробничого шуму наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с ⁻²	ДБ	м·с ⁻² ·10 ⁻²	ДБ
Загальна	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладки і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відео-терміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка можливих наслідків вибуху газу в разі аварії в твердопаливній котельні м.Запоріжжя.

5.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші

Густина газу при розрахунковій температурі $t_p = 24$ °C визначається за формулою:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 t_p)} = \frac{16}{22,413(1 + 0,0036 \cdot 24)} = 0,657 \text{ (кгЧм}^{-3}\text{)},$$

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 природного газу 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.), що визначається за формулою:

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

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

акції згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

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

Об'єм газу, що вийшов з апарата

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 600 \cdot 1,11 = 6,7 \text{ (м}^3\text{)},$$

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

$V = 1,11$ – об'єм апарата (згідно техпаспорта котла), м^3 ;

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

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} = 20,4 + 11,775 = 32,175 \text{ (м}^3\text{)},$$

де V_{1T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання, м^3 ;

V_{2T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м^3 .

$$V_{1T} = q \cdot \tau = 0,17 \cdot 120 = 20,4 \text{ (м}^3\text{)},$$

де $q=0,167 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ – витрата газу при максимальному навантаженні, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо (згідно техпаспорта котла);

$\tau = 120$ с – час перекривання у автоматичному режимі

$$V_{2T} = 0,01 \pi \cdot P_2 (r^2_1 L_1 + r^2_2 L_2 + \dots + r^2_n L_n) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 0,25 \cdot 6 = 11,775 \text{ (м}^3\text{)},$$

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

$r_1 = 0,25$ – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$L_1 = 6$ – загальна довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м;

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

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

$$m_{\Gamma} = (V_a + V_T) \cdot \rho_{\Gamma} = (6,7 + 32,175) \cdot 0,657 = 25,3 \text{ (кг)},$$

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

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = (900 - 101) \cdot \frac{25,3 \cdot 0,5 \cdot 100}{(18,6 \times 13,8 \times 4) \cdot 0,657 \cdot 9,36 \cdot 3} = 53,36 \text{ (кПа)},$$

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);

m – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення;

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

$V_{\text{вільн}} = 18,6 \times 13,8 \times 4$ – вільний об'єм приміщення, м³ (згідно проекту);

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадиабатичність процесу горіння (приймається $K_{\text{н}} = 3$).

5.3.2 Визначення розмірів зони поширення полум'я

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

$$R_{\text{нкмп}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\text{нкмп}}} \right)^{0,333} = 14,5632 \cdot \left(\frac{25,3}{0,657 \cdot 14} \right)^{0,333} = 20,5 \text{ (м)},$$

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.

5.3.3 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

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

$$D_s = 5,33m^{0,327} = 5,33 \cdot 25,3^{0,327} = 15,33 \text{ (м)}.$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s/2 = 15,33/2 = 7,67 \text{ (м)}.$$

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

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 25,3^{0,303} = 2,44 \text{ (с)}.$$

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

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{15,33^2 + 7,67^2} = 17,14 \text{ (м)}$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \psi &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)\right] = \\ &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{(17,14^2 + 7,67^2)} - 15,33/2\right)\right] = 0,98 \end{aligned}$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

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

$$= \frac{7,67 / 15,33 + 0,5}{4 \cdot [(7,67 / 15,33 + 0,5)^2 + (17,14 / 15,33)^2]^{1,5}} = 0,074,$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,074 \cdot 0,98 = 32,63 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2}\text{)},$$

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

5.4 Висновок до розділу 5

У даному розділі було проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації котельні. Проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації котлів, 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 надмірний тиск ударної хвилі буде достатнім для сильного руйнування котельні, тому в котельні необхідно:

- робоче місце оператора розмістити за межами зони поширення полум'я;
- спроектувати конструкцію будівлі так щоб надмірний тиск ударної хвилі компенсувався за рахунок руйнування даху та віконних прорізів;
- забезпечити дотримання норм експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витоку газу з трубопроводів;
- забезпечити виконання всіх внутрішніх норм і інструкцій безпеки.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно обґрунтувати розробку енергоефективного джерела постачання дорожньо-ремонтного пункту у м.Запоріжжя.

Для розрахунку кошторсної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 „Правила визначення вартості будівництва” і використовували кошторисну програму “АВК”.

6.1 Локальний кошторис

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання робляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (додаток Б) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 2000); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

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.

6.2 Простий термін окупності

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 6.1, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису див.додаток).

Таблиця 6.1 – Перелік інноваційних витрат

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	23,69
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	4,74
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	35,53
Проектування	2,5	4	59,22
Експертиза інноваційного рішення	1	1	23,69
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	47,38
Виготовлення нового виробу	100	6	2368,93
Витрати на пускаконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	71,07
Витрати на підготовку кадрів	5	2	118,45
Всього		21	2752,69

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

Показники	Рік						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-194,25	-2689,44	904,80	1101,14	1260,4	1411,5	1613,3
Сальдо реальних грошей	-194,25	-2220,42	904,80	1058,91	1218,2	1373,4	1579,3
Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-194,25	-2414,67	1509,88	-450,97	767,21	2140,6	3719,9
Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Чиста поточна вартість	-225,33	-2689,44	780,00	818,33	807,49	779,56	768,12
Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-225,33	-2914,77	-2134,78	-1316,45	-508,96	270,60	1038,72

З таблиці 6.2 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на третьому році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (6.1)$$

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.

$$NV = 3407,47 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (6.2)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 1038,72 \text{ тис. грн.}$$

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

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \eta_t. \quad (6.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (6.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн., $СIF_t$ – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-194,2521	-2689,44	904,80	1101,14	1260,41	1411,51	1613,31
Кумулятивна	-194,2521	-2883,69	-1978,90	-877,76	382,65	1794,16	3407,47

Як видно з таблиці 6.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 2 та 3 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T=2+877,76/1260,41=2,69 \text{ років.}$$

6.3 Висновки до розділу 6

В розділі складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість $K_v = 2368,928$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 22,535 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,088$ тис. люд –год., вартість матеріалів – 2331,248 тис. грн. Розраховали основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 3407,47 тис. грн.; чиста поточна вартість –1038,72 тис. грн.; термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,69 роки.

ВИСНОВКИ

В даній роботі виконано аналітичний огляд літератури. Проаналізовано загальну характеристику та класифікацію котелень, вимоги до технічної води, переваги та недоліки газових котелень, промислові котельні комплекси на твердому паливі, твердопаливні та комбіновані котельні, еколого-економічні аспекти функціонування котелень та сонячна енергія як вид відновлювальної енергії. В результаті сформовані задачі та мета досліджень.

Проведено дослідження ефективності твердопаливної водогрійної котельні. В цьому розділі досліджувався вплив вологості палива на показники роботи котла та аналізувалися показники роботи котла на різних видах палива. За результатами досліджень встановлено, що підвищення вологості палива із 20 до 40 % призводить до збільшення витрати палива на 45,7 %, зниження коефіцієнта корисної дії котла на 2,8%, зростання температури відхідних газів на 7,5 %. Тобто ефективність роботи котла знижується і збільшується теплове забруднення навколишнього середовища.

Оптимальним, на нашу думку, є варіант використання в якості палива для котла дров з вологістю 20 %. Оскільки використання більш сухих дров суттєво збільшує їх вартість, оскільки зростають затрати коштів на сушку та зберігання дров.

Як альтернативні палива для котла потужністю 150 кВт розглядалися : торф з вологістю 50%, буре вугілля вологістю 16%, торфобрикети вологістю 19,2% та деревина вологістю 20%. Із розглянутих варіантів найвищий коефіцієнт корисної дії мав котел з використанням торфобрикетів та бурого вугілля в якості палива, а найнижчий – торф. В усіх розглянутих варіантах палива і вихідних даних, окрім використання у якості палива дров, температура стінки конвективного пучка котла нижче температури конденсації водяної пари у димових газах, що може призвести до конденсації парів вологи на поверхнях нагріву котла, а отже і до їх корозії. Тому для подальшого розгляду прийнято деревину з вологістю 20% як основний вид палива на котельні.

Розроблено математичну модель теплообмінних процесів в системі сонячного теплопостачання, що дозволила провести оцінку інтенсивності сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор спрямований на південь за різних кутів нахилу колектора до горизонту. Найбільш ефективний кут встановлення геліоколекторів для забезпечення теплою цілорічно склав 35° до горизонту. Теплоту вироблену геліоколекторами доцільно направляти на потреби гарячого водопостачання.

Розроблено теплову схему котельні, що працює на систему теплопостачання з характеристиками: максимальна потужність системи гарячого водопостачання 55 кВт, максимальна теплова потужність системи вентиляції 35 кВт, максимальна потужність системи опалення 128 кВт. Виконано розрахунок теплової схеми в різних режимах роботи з використанням в якості палива дров. Обґрунтовано вибір диничної потужності основного обладнання котельні, а саме твердопаливного водогрійного котла потужністю 150 кВт у кількості 2 шт. та ємкісного теплообмінника для потреб ГВП потужністю 55 кВт.

Виконано тепловий розрахунок водогрійного котла потужністю 150 кВт. Проведені розрахунки об'ємів та ентальпій, повітря та продуктів згорання, теплового балансу, топки, водяного та повітряного жаротрубних пучків. В проекті також розраховано коефіцієнт корисної дії 87,96 %, витрату палива, що дорівнює 0,0138 кг/с.

Підібране основне та допоміжне обладнання для роботи сонячної підсистеми теплопостачання. Підібрано сонячні колектора Vaillant aurotherm vfk 145/2v в кількості 36 штук, насосна група Vaillant Auroflow VMS 70 в кількості 2 штуки, циркуляційний насос для забезпечення від дублера wilo top s 50/10 в кількості 1 штука та ємнісний бівалентний нагрівач Aurostor vih s 2000 в кількості 3 штуки.

В роботі було розроблено функціональну схему автоматизації водогрійної котельні на твердому паливі в м. Запоріжжя. Підібраний котловий регулятор RK2001a. Для регулювання системою опалення від твердопаливного котла - Vitodens 050 НК. Для регулювання системою опалення, теплопостачання та

вентиляцією підбірано регулятор марки Vitotronic 300-K. Даними регуляторами відбувається регулювання температури на виході з твердопаливного котла до споживачів, автоматичний контроль і підтримання заданої температури. Регулювання температури за допомогою співвідношення витрати повітря-паливо. Автоматизація керування опалення та ГВП за допомогою датчиків температури, які посилають сигнали регулятору, відповідно який подає сигнал на змішувальний механізм та мережний насос. Підбірано засоби автоматизації. Проведено розрахунки триходового клапану.

Проаналізовано об'єкт який підлягає монтажу. Підбіране основне та допоміжне обладнання для роботи твердопаливної водогрійної котельні. Встановлено, що маса обладнання, основних та допоміжних матеріалів і обладнання для монтажу складає 3976 кг. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 9167,774 кВт·год. Розроблений календарний графік монтажу системи, графік руху робітників, графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 52,42 люд·дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 22,71 днів.

В розділі охорона праці було проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації котельні. Проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації котлів, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість на робочому місці; ураження електричним струмом, тощо.

В розділі економічна частина складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість $K_b = 2368,928$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 22,535 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,088$ тис. люд – год., вартість матеріалів – 2331,248 тис. грн. Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 3407,47 тис. грн.; чиста поточна вартість – 1038,72 тис. грн.; термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,69 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанова Н. Д., Коломієць І.О. Вплив невизначеності характеристик палива на показники роботи твердопаливного котла. Матеріали *XLVIII Науково-технічної конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання 2019*. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7971/6654> (дата звернення 20.11.2021).

2. Степанова Н. Д. Коломієць І.О. Вплив вологості палива на показники роботи твердопаливного котла потужністю 150 кВт. Матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції "*Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення*" Випуск 37. – 2019. URL: <https://drive.google.com/file/d/13zA7xuKPYIr93AZsbZYh78EveOXXecwj/view> (дата звернення 21.11.2021).

3. Степанова Н. Д., Коломієць І.О. Дослідження показників роботи твердопаливного котла на різних видах палива. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "*Енергоефективність в галузях економіки України-2019*". Вінниця, 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8315/6924> (22.11.2021).

4. Степанова Н. Д., Коломієць І.О. Ефективність використання геліоколекторів для потреб гарячого водопостачання у тепловій схемі твердопаливної водогрійної котельні. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "*Інноваційні технології в будівництві - 2020*". Вінниця, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/viewFile/10876/9084> (23.11.2021).

5. Степанова Н.Д., Коломієць І.О. Обґрунтування вибору джерела теплоти для водогрійної котельні. Доповідь на *XLIX Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ*.

Вінниця, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9175/7523> (24.11.2021).

6. Степанова Н.Д., Коломієць І.О. Комбінована система теплопостачання на основі твердопаливної котельні. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність в галузях економіки України". Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14004/11874> (25.11.2021).

7. Степанова Н.Д., Коломієць І.О. Енергетичне, економічне та екологічне підґрунтя вибору палива для твердопаливного котла. Доповідь на *L Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ*. Вінниця, 2021. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12880/10824> (25.11.2021).

8. ДБН В.2.6 – 31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Мінбуд України. К.: ДР «Укрархбудінформ», 2006. 66 с. (Інформація та документація).

9. Степанова Н.Д., Степанов Д.В. Теплові мережі: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 127с.

10. ДБН В.2.5-20-2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання. (Інформація та документація).

11. Напольні твердопаливні котли Logica. URL: <https://www.buderus.ua/products/boilers/floor-solid-fuel-boilers/logica.html>. (дата звернення: 19.10.2021).

12. Сонячні колектори Vaillant. URL: <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/produktsia/solnechnie-sistemi/solnechnie-kollektori/> (дата звернення: 20.10.2021).

13. Твердопаливні котельні. URL: <http://kotek.lviv.ua/kotelni/tverdopalivni-kotelni> (дата звернення 20.10.2021).

14. Заходи термомодернізації. URL:

<https://thermomodernisation.org/kotelnia-iaak-pratsiuiut-suchasni-zrazky/> (дата звернення 20.10.2021).

15. Промислова екологія. URL: <http://eco.com.ua/content/ekologichno-ekonomichni-aspekti-vikoristannya-tverdopalivnih-kotliv-riznogo-tipu> (дата звернення 20.10.2021).

16. ДСТУ-Н Б В.2.5-43.2010. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового громадського призначення. [Чинний від 2010-09-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ», 2010. 32 с. (Інформація та документація).

17. Каталог обладнання Vaillant 2020. URL: <https://www.vaillant.ua/downloads/catalog/2019-2020/vaillant-catalogue-2019-2020-1566394.pdf> (дата звернення: 17.10.2021).

18. Каталог насосів Wilo. URL: https://wilo.net.ua/group/pumps/?gclid=EAIaIQobChMI_9WzGPDf6QIVgvhRCh2jYAAuEAAAYASAAEgLQ3PD_VwE . (дата звернення: 25.09.2021).

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

20. Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповалов С. П. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.

21. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлювальними джерелами енергії : курс лекцій. Ніжин, ТОВ Видавництво Аспект-Поліграф, 2005. 131 с.

22. Лантух Н. Н., Щербатий В. С., Агеєва Г. Н. Комбінована сонячно-електрична система теплопостачання. URL: <https://www.c-o-k.com.ua/content/view/487/> (Дата звернення 23.10.2021).

23. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств. Вінниця: ВНТУ, 2011. 321 с.

24. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Изд. 3-е перераб. и доп. СПб.: Изд. НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.

25. Степанов Д. В. Методичні вказівки до виконання студентами самостійної роботи з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» для студентів спеціальності «Теплоенергетика». Вінниця : ВНТУ, 2017. 34 с.

26. Чепурний М. М., Корженко Є.С., Степанов Д.В. Теплові розрахунки парогенераторів. Вінниця : ВНТУ, 2005. 155 с.

27. Чепурний М. М., Резидент Н.В. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 128 с.

28. Чепурний М. М., Ткаченко С.Й., Куть Т.П. Аналіз впливу температур на ефективність роботи теплоносних установок. Вісник Вінницького політехнічного інституту 2001. 56 с.

29. Напольні твердопаливні котли Logica. URL : <https://www.buderus.ua/products/boilers/floor-solid-fuel-boilers/logica.html> (дата звернення 22.10.2021).

30. Степанова Н. Д., Муслімов П.І. Використання альтернативних джерел енергії для зменшення споживання викопного палива в центрі теплохолодопостачання житлового будинку. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність в галузях економіки України 2017". Вінниця, 2017. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egeu2017/paper/viewFile/3419/2864> (дата звернення 02.02.2021).

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

32. Денисова А. Е., Мазуренко А.С., Тодорцев Ю.К., Дубковский В.А. Использование энергии грунта в теплонасосных геосистемах энергоснабжения. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2000. 124 с.

33. Степанова Н. Д., Степанова Н.Д., Бончук О.М., Ковтонюк В.О. Комбінована система теплопостачання готельного комплексу на базі котельні на

твердому паливі. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2016”. 2016. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/view/1596>. (дата звернення 25.10.2021).

34. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Матвеев Ю. Б., Жовмір М. М. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні. *Промышленная теплотехника*, 2006. № 2 85–93.

35. Максимів Л. І, Климович В. П., Загвойська Л. Д. Використання енергетичного потенціалу деревини: еколого-економічний вимір. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. Збірник наукових праць, 2016. Випуск 14. 244–251 с.

36. Боженко М. Ф. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування. – К.: Вища школа, 1992. 280 с.

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

38. Чепурний М. М., Резидент Н. В. Тепломасообмін в прикладах і задачах. URL: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/ch/index.htm> (Дата звернення 27.10.2021).

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

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

41. Офіційна web-сторінка фірми Торгова електрична компанія. Ціни. URL: <https://tek.energy/electricity/prices> (Дата звернення 27.10.2021).

42. Baza-drov. URL: <https://baza-drov.com.ua/uk> (Дата звернення 28.10.2021).

43. Gi-pellets. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/na-palletakh> (Дата звернення 28.10.2021).

44. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

45. Коваленко Л. М., Глушков А. Ф. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. Энергоатомиздат, 1986. 240 с.
46. ДБН Д.2.3-7-99 Збірник 7. Компресорні установки, насоси, вентилятори. К.: Держстандарт України, 1999. 47 с.
47. Каталог будівельних машин і інструментів. URL: <http://powertools.com.nz> (Дата звернення 30.10.2021).
48. Принципы построения схем автоматизации. URL: www.comodity.ru/equipment/86.shtml/ (Дата звернення 30.10.2021).
49. Офіційний сайт Viessmann. URL: <https://ftenergo.com/catalog/viessmann/> (Дата звернення 01.11.2021).
50. Резидент Н. В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок». Вінниця : ВНТУ, 2018. 38 с.
51. Автоматизація. URL: https://herz.ua/uploaded/imgtech-doc/4006_SMART.pdf (Дата звернення 15.10.2021).
52. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. ДБН А.3.2-2-2009. URL: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32_2_2009.pdf (дата звернення 16.11.2021).
53. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
54. ДБН Д.2.4-15-2000. Внутренние сантехнические работы. Ресурсные элементные сметные нормы на ремонтно-строительные работы.
55. Технологические трубопроводы: ДБН Д.2.3-12-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 70 с.
56. Характеристики Mercedes Atego. URL: <https://guzovo.com/mercedes-atego.html> (Дата звернення 25.10.2021).
57. Аппарат для кислородной сварки 555 D. URL: Режим доступу до ресурсу: <http://ro-tools.ru/catalog/gazovye-gorelki/gazosvarochnye-i-payalnye-posty/apparat-dlya-kislородnoy-svarki-555-d/> (Дата звернення 26.10.2021).

58. Зварювальний апарат електро дуговий Texas TA-00-104. URL: https://kwitka.com.ua/texas-svarochnyj-apparat-invertornyj-300-104?gclid=EAJaIQobChMIo-utr9CL5wIVUamaCh22lgBdEAQYBSABEGlJXvD_BwE (Дата звернення 25.10.2021).

59. Повітряний компресор Metabo. URL: https://metabo-shop.com.ua/product_info.php/info/p2434_Metabo-Basic-250-24-W-OF.html (Дата звернення 25.10.2021).

60. Електрична дрель Dnipro-M TD-60. URL: <https://dnipro-m.ua/to-var/setevoi-shyrypovert-td-60/> (Дата звернення 25.10.2021).

61. Кутова шліфмашина Dnipro-M GL-125S. URL: <https://dnipro-m.ua/to-var/uglovaya-shlifmashyna-gl-125s/> (Дата звернення 25.10.2021).

62. Лебідка з електроприводом Dragon Winch 5000 DWP. URL: <https://dragonwinch.com.ua/lebedky/perenosnaia-lebedka-elektrycheskaia-dwp-5000> (Дата звернення 25.10.2021).

63. Тележки гидравлические ручные специальные. URL: <http://rokla.com.ua/main.php?nl=4> (Дата звернення 25.10.2021).

64. Обладнання. URL: <https://armakip.com.ua/> (Дата звернення 25.10.2021).

65. Каталог будівельних машин і інструментів. URL: <http://powertools.co.nz> (Дата звернення 25.10.2021).

66. : ДБН Д.2.3-12-99. Технологические трубопроводы. [Чинний від 2000-01-01]. К. : Госстрой Украины, 2000. 70 с.

67. Ратушняк Г. С., Попова Г.С. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092108 - «Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції. Вінниця: ВНТУ, 2003. 122 с.

68. Березнев В.А., Бондаренко В.А., Грузинов Е.В. Монтаж отопительно-производственных котельных установок. 1980. 520 с. (Справочник монтажника).

69. Банник В.П. Справочник монтажника тепловых и атомных электростанций: Технология монтажных работ. Энергоатомиздат, 1983. 880 с.
70. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. Вінниця: Планер, 2007. 171 с.
71. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця: ВНТУ, 2003. 125 с.
72. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. Вінниця: ВНТУ, 2007. 183 с.
73. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. 171 с.
74. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. URL: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml> (Дата звернення 25.11.2021).

Додаток А
(обов'язковий)
Технічне завдання

ТГЕ-2011

КАНТІО

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або

установи

Підпис Ініціали і прізвище

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов
підпис
“ ” 20 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**"ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ
ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНИ"**

08-11.МКР.007.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:
К.т.н., доц. кафедри ТЕ,

Н.Д.Степанова

Виконавець:
Студент гр. ТЕ-20м

І. О. Коломієць

Вінниця 2021

1. Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу ректора ВНТУ від 24.09.2021 року № 277.

Дата початку роботи – 30.09.2021 р.

Дата закінчення роботи – 16.12.2021 р.

2. Мета і призначення НДР

Мета роботи – теоретичне обґрунтування використання поновлюваних джерел енергії, покращення екологічних показників та зменшення споживання викопного палива шляхом впровадження технології спалювання деревини та енергії Сонця у тепловій схемі котельні.

Об'єкт дослідження – твердопаливна водогрійна котельня.

Основний предмет – теплообмінні процеси у основному теплогенерувальному обладнанні твердопаливної водогрійної котельні.

Узагальнений науковий результат – Набули подальшого розвитку і ефективного використання енергоносіїв на базі роботи твердопаливної котельні, за рахунок оцінки ефективності роботи котельні з різними джерелами енергії, за допомогою визначення співвідношення потужності енергетичного обладнання та експлуатаційних витрат. Доведено ефективність встановленням геліоколекторів для гарячого водопостачання. Показано, що застосування геліоустановок та твердопаливних котлів призводить до зниження споживання основного палива котельнею та зменшення надходження шкідливих речовин під час спалювання палива у навколишнє середовище (NO_x) (на 20,62 %) у порівнянні із водогрійною котельнею на твердому паливі.

Узагальнений практичний результат – Результати роботи рекомендується використовувати для збереження паливно-енергетичних ресурсів в існуючій котельні за рахунок оцінки ефективності роботи твердопаливних котлів з різними джерелами теплової енергії шляхом визначення показників екологічної досконалості, запропонованою сонячною системою теплопостачання, витрат енергетичних ресурсів з урахуванням кліматичної зони об'єкту, складу та

потужностей теплогенерувального устаткування та сучасних тарифів на енергоносії.

3. Вихідні дані для проведення НДР

НДР є продовженням попередньої НДР “Водогрійна котельня дорожньо-ремонтного пункту у місті Запоріжжя”, яка виконувалась у ВНТУ з 26.03.2020 р. по 10.04.2020 р.

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

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

2. Степанова Н. Д., Коломієць І.О. Дослідження показників роботи твердопаливного котла на різних видах палива. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "*Енергоефективність в галузях економіки України-2019*". Вінниця. 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8315/6924> (Дата звернення 20.10.2021).

3. Степанова Н. Д., Коломієць І.О. Ефективність використання геліоколекторів для потреб гарячого водопостачання у тепловій схемі твердопаливної водогрійної котельні. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "*Інноваційні технології в будівництві - 2020*". Вінниця. 2020.

4. Степанова Н. Д., Муслімов П.І. Використання альтернативних джерел енергії для зменшення споживання викопного палива в центрі теплохолодопостачання житлового будинку. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "*Енергоефективність в галузях економіки України 2017*". Вінниця. 2017.

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

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.2.5-43.2010. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового громадського призначення. [Чинний від 2010-09-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ», 2010. 32 с. (Інформація та документація).

8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27.2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. К. : 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. Запоріжжя.

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати теоретичні та експериментальні методи досліджень екологічної і енергетичної ефективності 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, СНіП, ДБН, СанПіН, СН до обладнання систем виробництва енергоносіїв повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень та експериментальних випробувань.

УЛГТ

Додаток Б
(обов'язковий)
Локальний кошторис

ТГ-2017

Локальний кошторис на влаштування обладнання

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 2368,928 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,088 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 22,535 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,7 розряд

Складений в поточних цінах станом на "4 грудня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
									на одиницю	всього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E18-2-10	Установлення котлів logica 150	шт	2	<u>236166,60</u> 2919,20	<u>1026,17</u> 310,57	472333	5838	<u>2052</u> 621	<u>146,62</u> 18,2031	<u>293,24</u> 36,41
2	E18-5-4	Установлення ємкісного підігрівача гарячої води reflex sf1000	шт	1	<u>69320,90</u> 1169,33	<u>305,92</u> 90,70	69321	1169	<u>306</u> 91	<u>58,06</u> 5,2944	<u>58,06</u> 5,29
3	E18-13-5	Установлення насос циркуляційний wilo top	шт	4	<u>1694,25</u> 1023,92	<u>170,71</u> 49,77	6777	4096	<u>683</u> 199	<u>50,84</u> 2,8779	<u>203,36</u> 11,51
4	C130-513 варіант 3	насос циркуляційний wilo top s 40/7	шт	1	<u>15327,78</u> -	-	15328	-	-	-	-
5	C130-514 варіант 3	циркуляційний нос wilo top s 30/5	шт	1	<u>8706,70</u> -	-	8707	-	-	-	-
6	C130-514 варіант 5	циркуляційний нос wilo top s 30/7	шт	2	<u>8757,70</u> -	-	17515	-	-	-	-
7	E18-13-4	Установлення циркуляційних насосів для забезпечення від дублера wilo top s 50/10	шт	1	<u>24400,17</u> 839,03	<u>149,46</u> 43,40	24400	839	<u>149</u> 43	<u>41,66</u> 2,523	<u>41,66</u> 2,52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
8	E18-13-3	Установлення насосної групи vaillant auroflow vms 70	шт	2	<u>17663,73</u> 611,05	<u>83,83</u> 23,52	35327	1222	<u>168</u> 47	<u>30,34</u> 1,3439	<u>60,68</u> 2,69			
9	E18-5-3	Установлення ємнісних бівалентних нагрівачів aurostor vih s 2000	шт	3	<u>256985,51</u> 928,05	<u>246,93</u> 72,13	770957	2784	<u>741</u> 216	<u>46,08</u> 4,2005	<u>138,24</u> 12,6			
10	E18-4-1	Установлення сонячних колекторів vaillant aurotherm vfk 145/2v	секція	36	<u>25961,45</u> 67,47	<u>43,13</u> 10,13	934612	2429	<u>1553</u> 365	<u>3,35</u> 0,5944	<u>120,6</u> 21,4			
Разом прямі витрати по кошторису							2355277	18377	<u>5652</u> 1582		<u>915,84</u> 92,42			
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							2355277		2331248	19959	13651	79,65	2576	2368928

Всього по кошторису							2368928							
Кошторисна трудоємність, люд.год.							1088							
Кошторисна заробітна плата, грн.							22535							

Склав

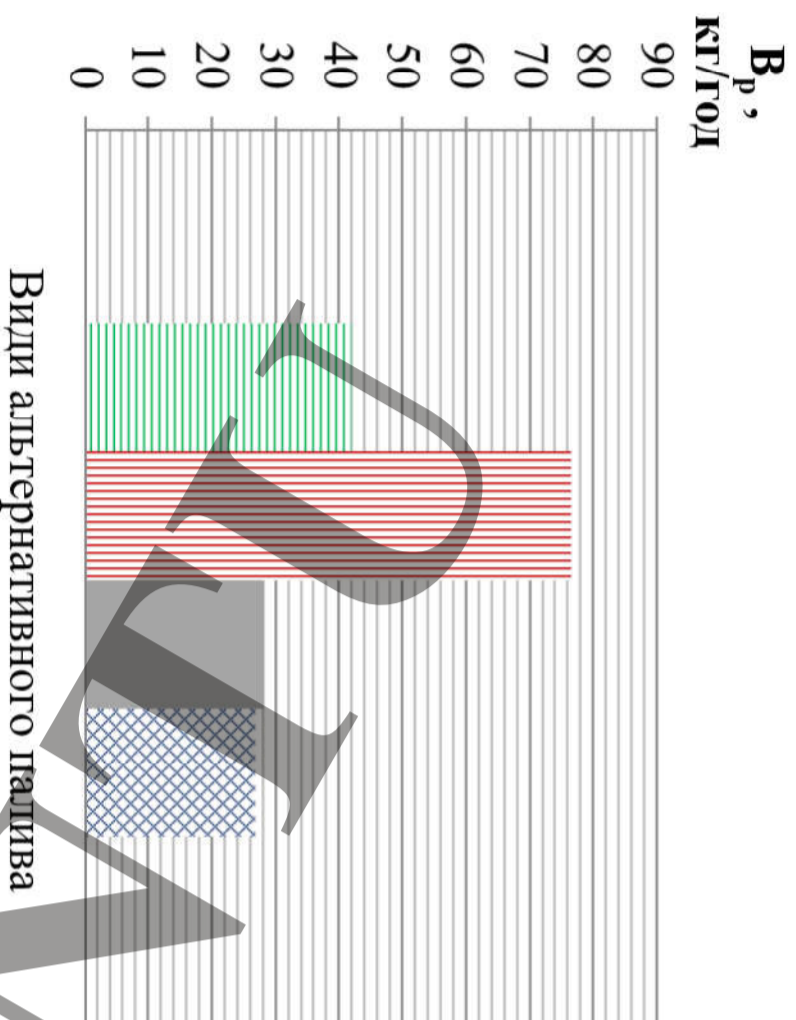
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

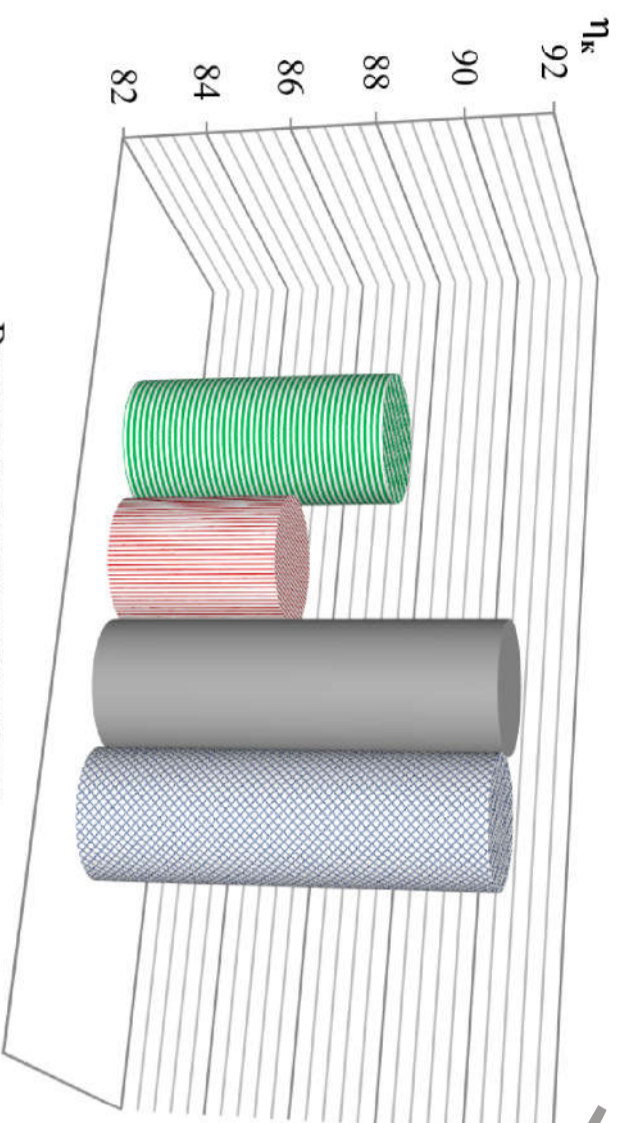
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток В
(обов'язковий)
Ілюстративна частина

Вплив виду палива на витрату робочого палива



Види альтернативного палива

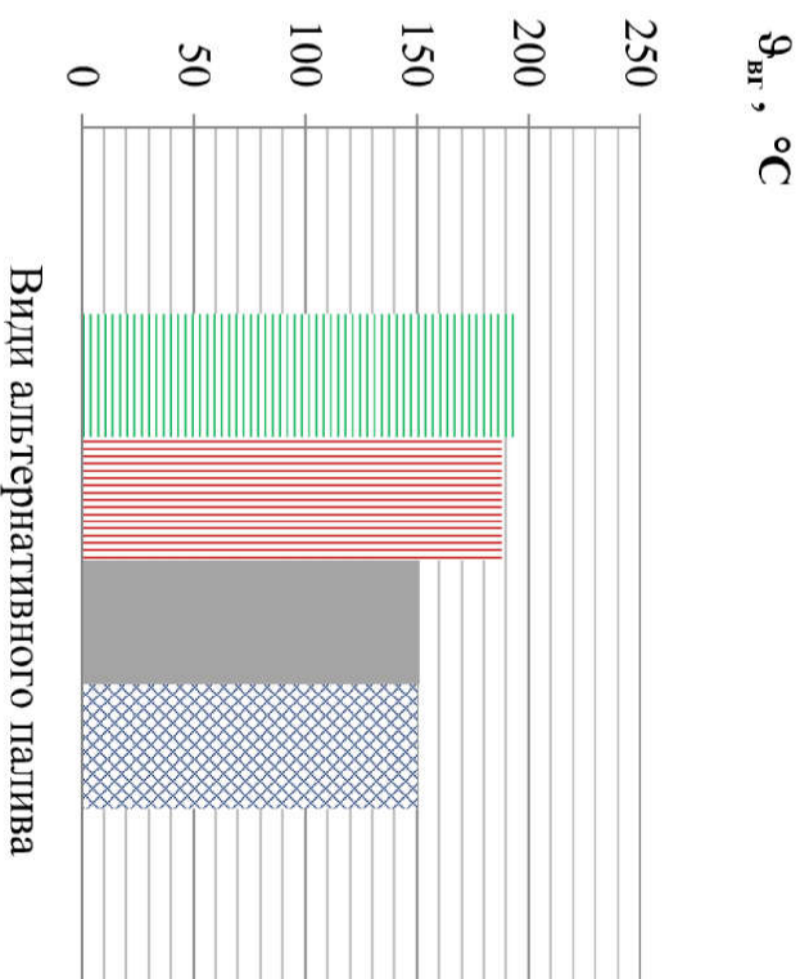


Вплив виду палива на коефіцієнт корисної дії котла

Види альтернативного палива

■ Дрова, 20%
 ■ Торф, 50%
 ■ Буре вугілля, 16%
 ■ Торфобрикет, 19,2%

Вплив виду палива на температуру вихідних газів за котлом



Види альтернативного палива

№в. № ар.	Підпис і дата

Зм.	Кільк.	Арк.	№в'язк.	Підпис	Дата
Розробив		Коломєць І.О.			
Перевірив		Степанюда Н.Д.			
Т.Контр.		Степанюда Н.Д.			
Опонецт		Гердак В.Р.			
Н. Контр.		Степанюда Н.Д.			
Унів.		Степанюда Н.Д.			

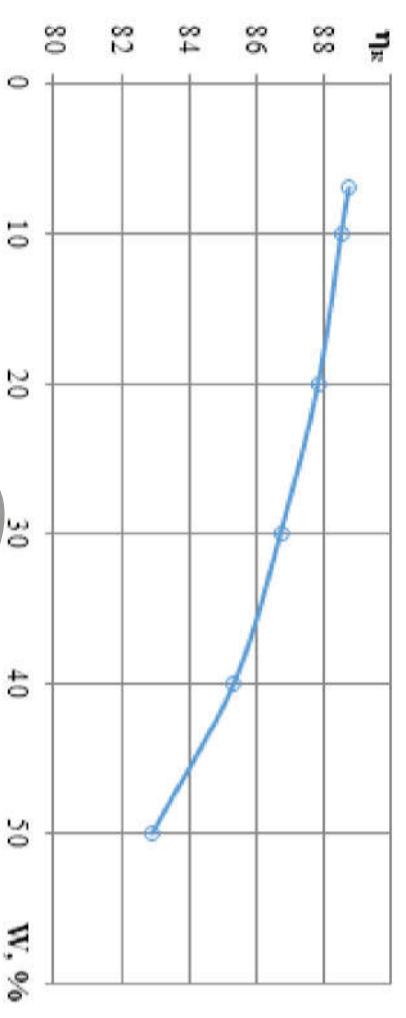
08-11МЖР.007.01.000.00

Дослідження характеристик роботи котла на різних видах палива

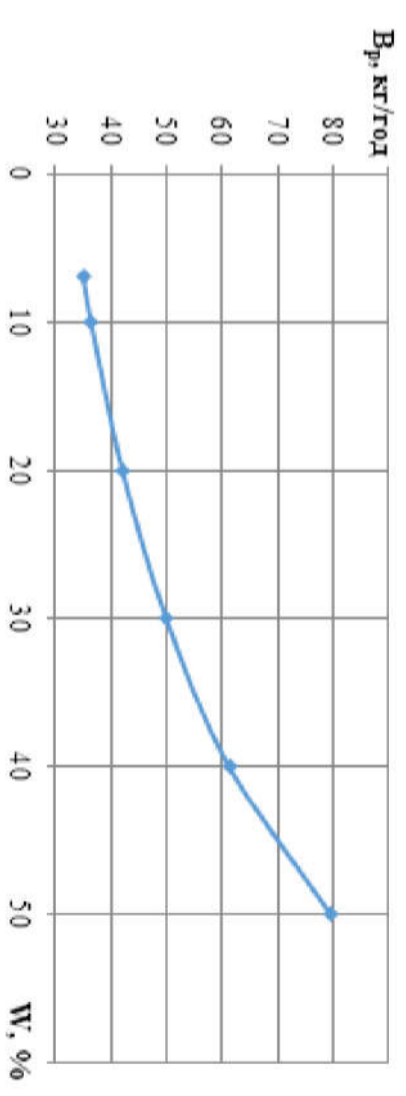
Стадія	Аркуш	Аркушів
	1	12

ВНТУ, зр. ТЕ-20м

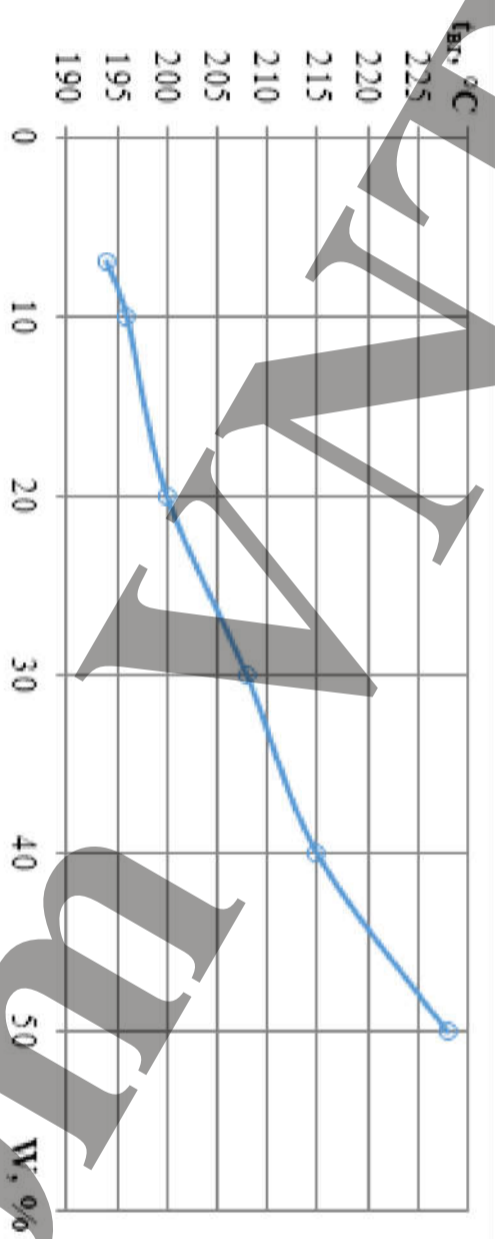
Вплив вологості палива на коефіцієнт дії котла



Вплив вологості палива на витрату робочого палива на котел



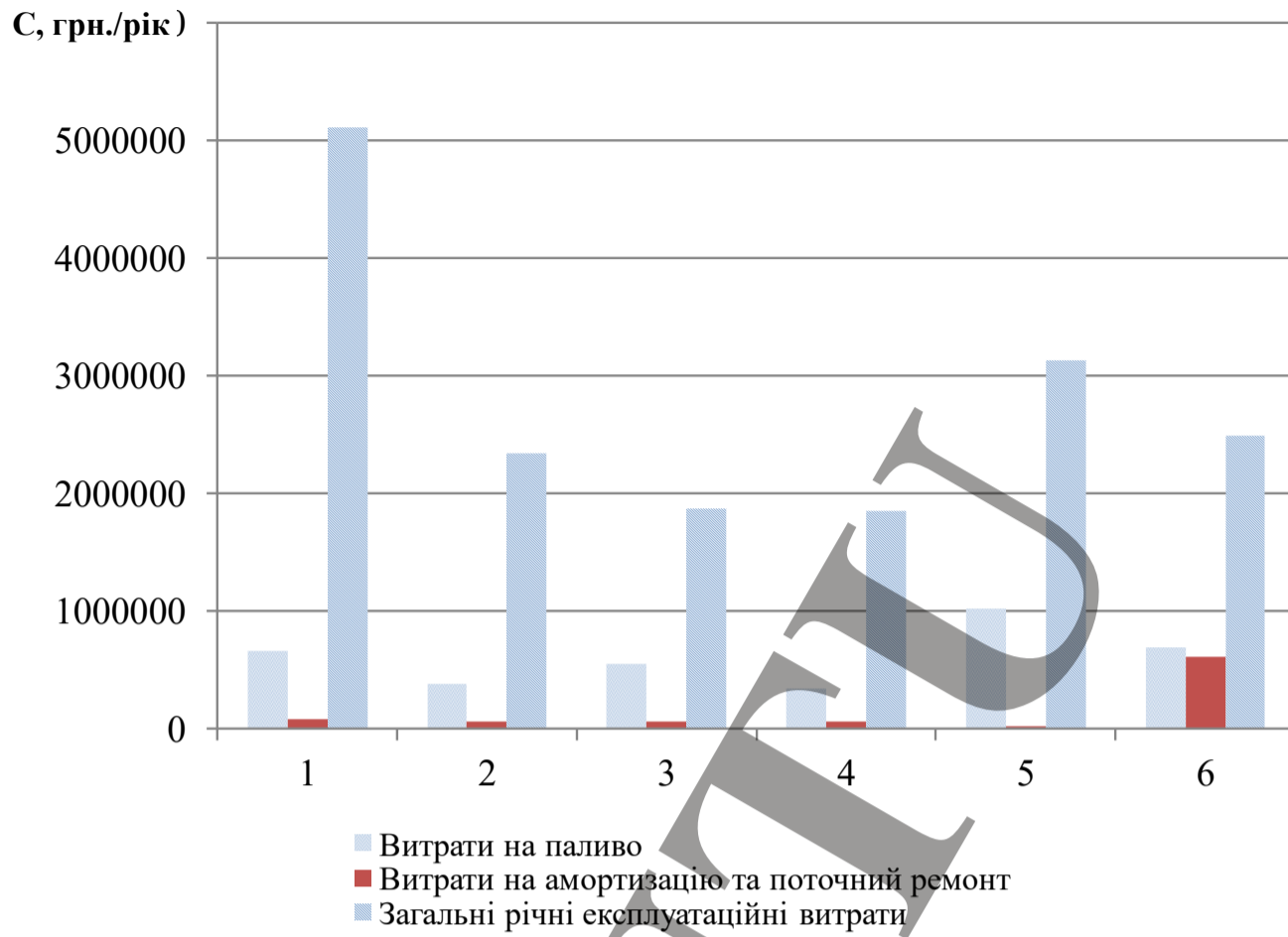
Вплив вологості палива на температуру відхідних газів за котлом



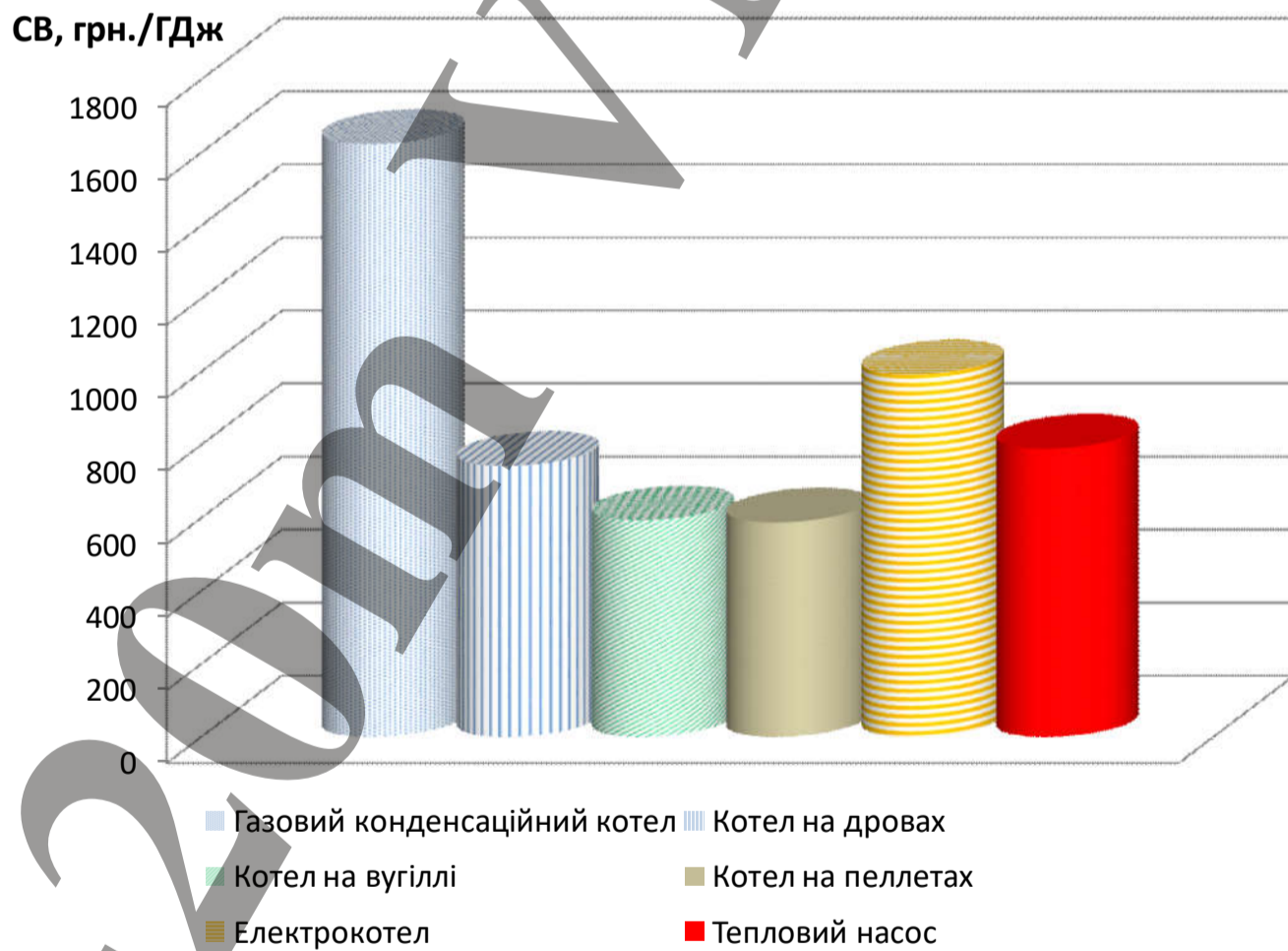
Інв. № ар.	Підпис і дата

08-11ЖР.007.02.000.00		Сторінка	
Дослідження впливу вологості палива на характеристики роботи котла		Аркуш	Аркушів
		2	12
		ВНТУ, зр. ТЕ-20м	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.
Розробив	Коломієць І.О.	Підпис	Дата
Перевірив	Степанюк Н.Д.		
Т.Контр.	Степанюк Н.Д.		
Опонецт	Гердж В.Р.		
Н. Контр.	Степанюк Н.Д.		
Утв.	Степанюк Д.В.		

Собівартість виробництва теплоти на котельні потужністю 225 кВт з різними джерелами теплоти



Техніко-економічні показники виробництва теплоти на котельні потужністю 225 кВт



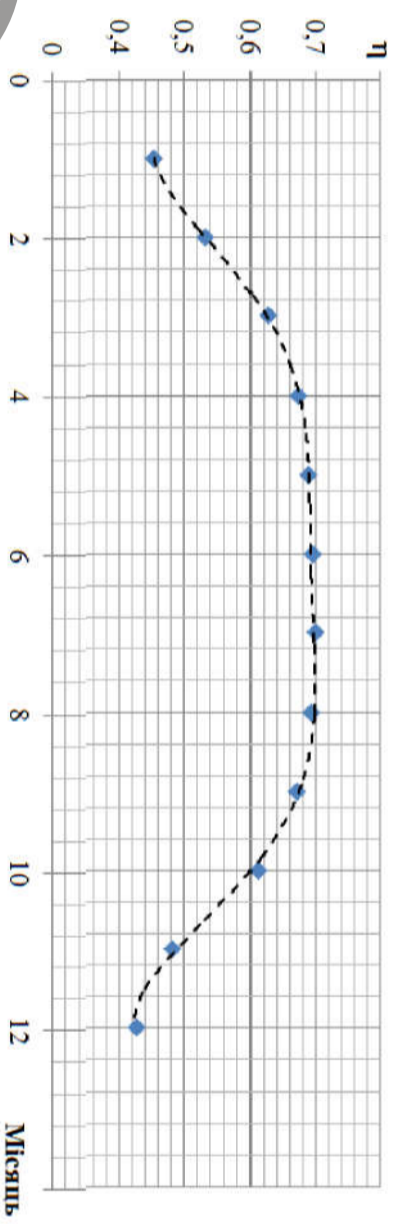
1 - з газовим конденсаційними котлами; 2 - з котлами на дровах вологістю 20%; 3 - з котлами на вугіллі; 4 - з котлами на деревних гранулах; 5 - з електрокотлами; 6 - з теплонасосною установкою

						08-11.MKP.007.03.000.00			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Техніко-економічні показники роботи котельні потужністю 225 кВт з різними джерелами теплоти	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Коломієць І.О.					3	
Перевірив			Степанова Н.Д.						
Т.Контр.			Степанова Н.Д.						
Опонент			Сердюк В.Р.						
Н. Контр.			Степанова Н.Д.						
Утв.			Степанов Д.В.				ВНТУ, гр. ТЕ-20м		

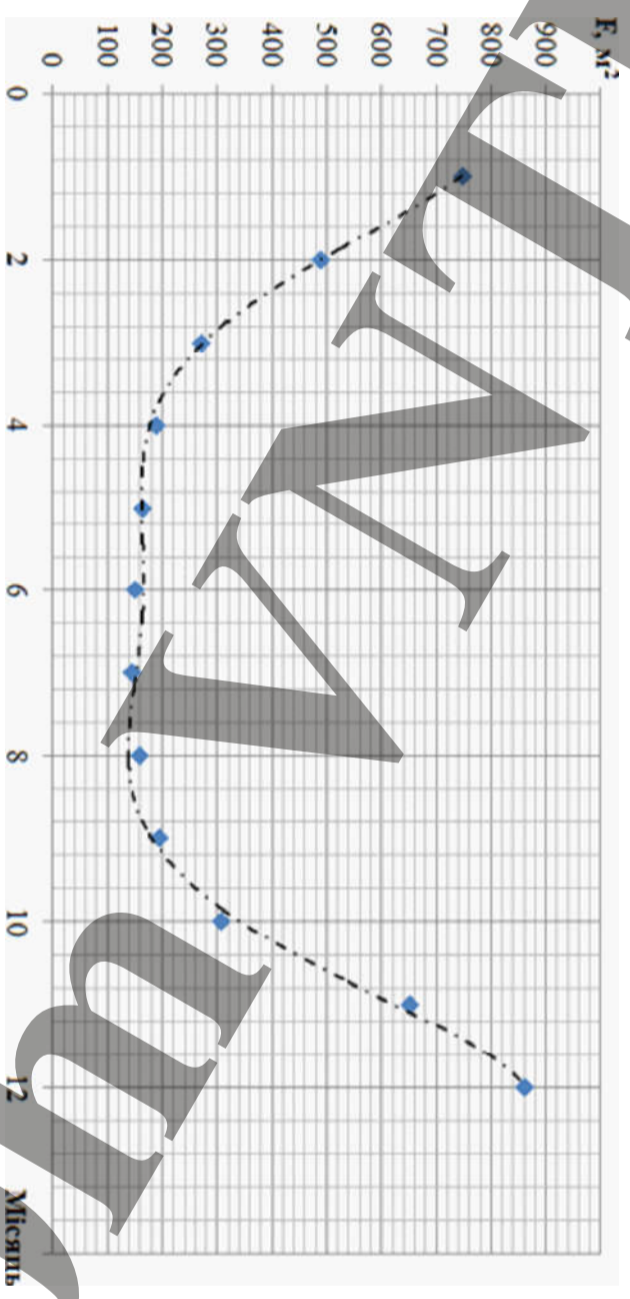
Підпис і дата

№ ар.

Залежність коефіцієнта корисної дії геліоколектора від місяця року



Залежність необхідної площі колекторів для забезпечення потреби ГВП від місяця року

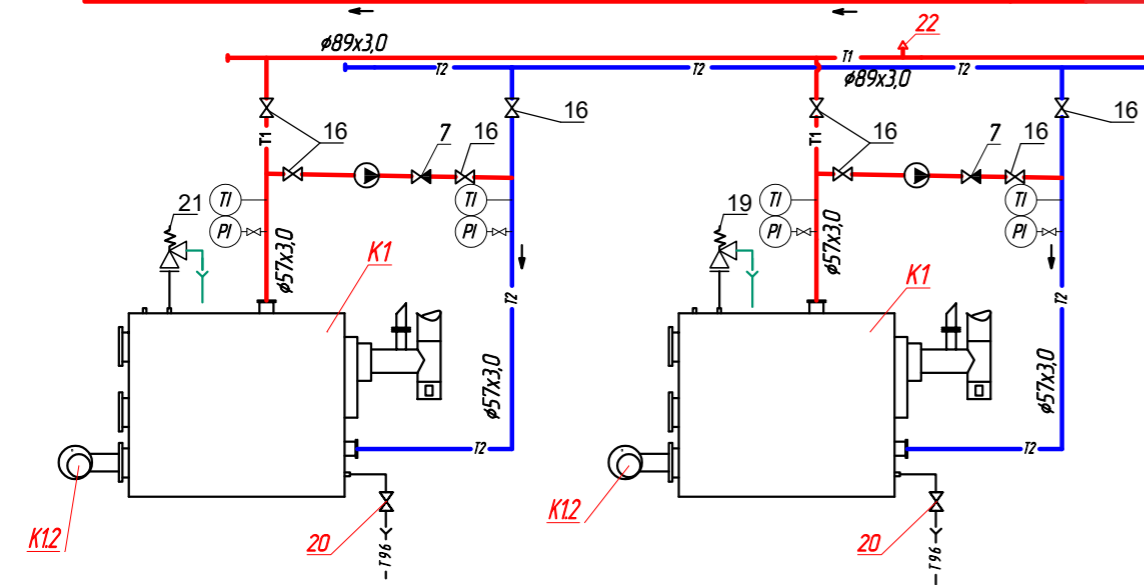
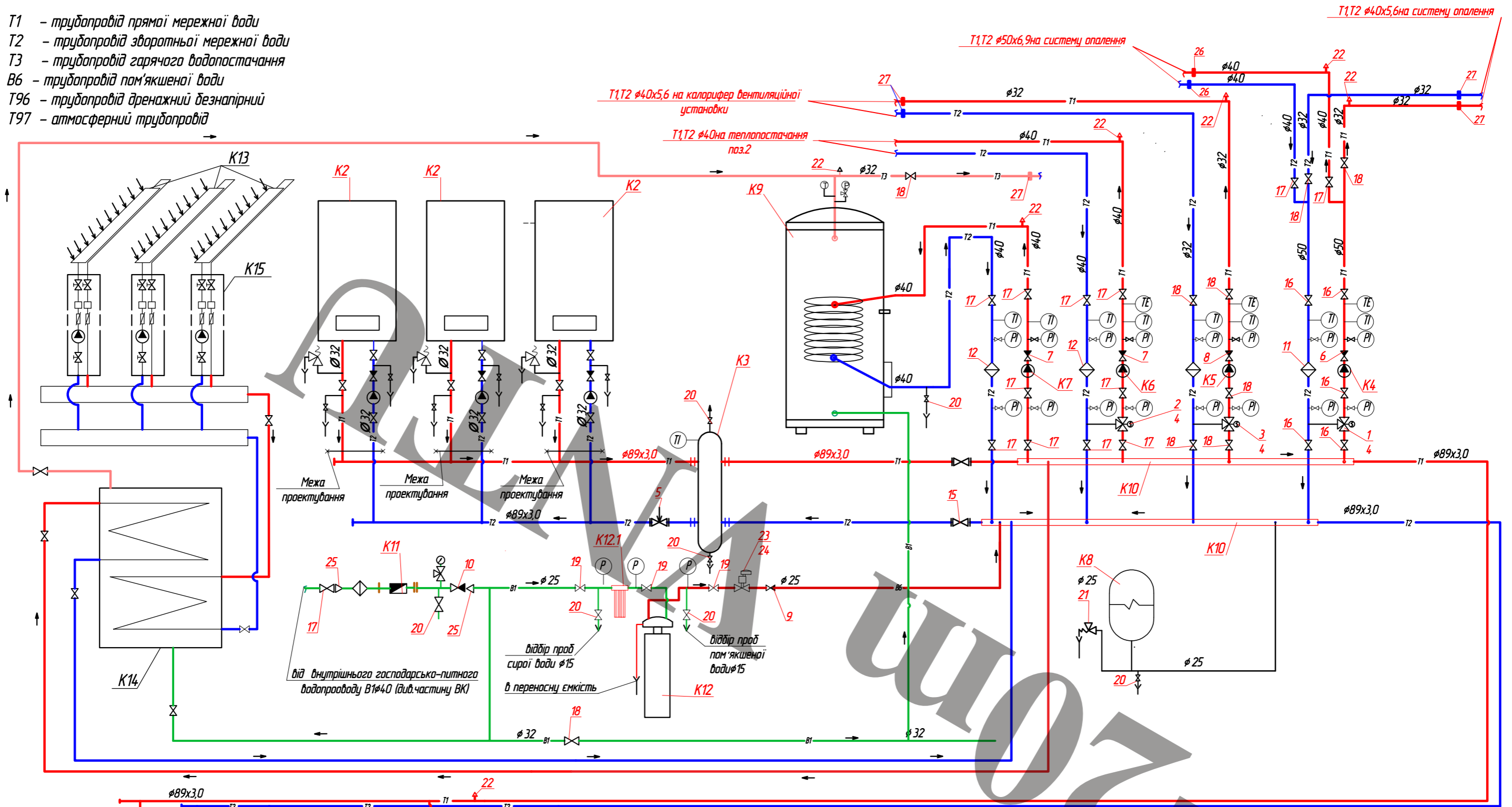


Інв. № оп.	Підпис і дата	

08-11ЖР.007.04.000.00		Стадія	Аркуш	Аркушів	
Дослідження показників роботи геліоколекторів протягом року			4	12	
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив		Коломієць І.О.			
Перевірив		Степанюда Н.Д.			
Т.Контр.		Степанюда Н.Д.			
Опонецт		Гердж В.Р.			
Н. Контр.		Степанюда Н.Д.			
Утв.		Степанюда Д.В.			
		ВНТУ, зр. ТЕ-20м			

Умовні позначення трубопроводів

- T1 - трубовід прямої мережної води
- T2 - трубовід зворотної мережної води
- T3 - трубовід гарячого водопостачання
- B6 - трубовід пом'якшеної води
- T96 - трубовід дренажний безнапірний
- T97 - атмосферний трубовід



Інв. № ар.	
Підпис і дата	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив				Коломієць І.О.	
Перевірив				Степанова Н.Д.	
Т.Контр.				Степанова Н.Д.	
ОпONENT				Сердюк В.Р.	
Н. Контр.				Степанова Н.Д.	
Утв.				Степанов Д.В.	

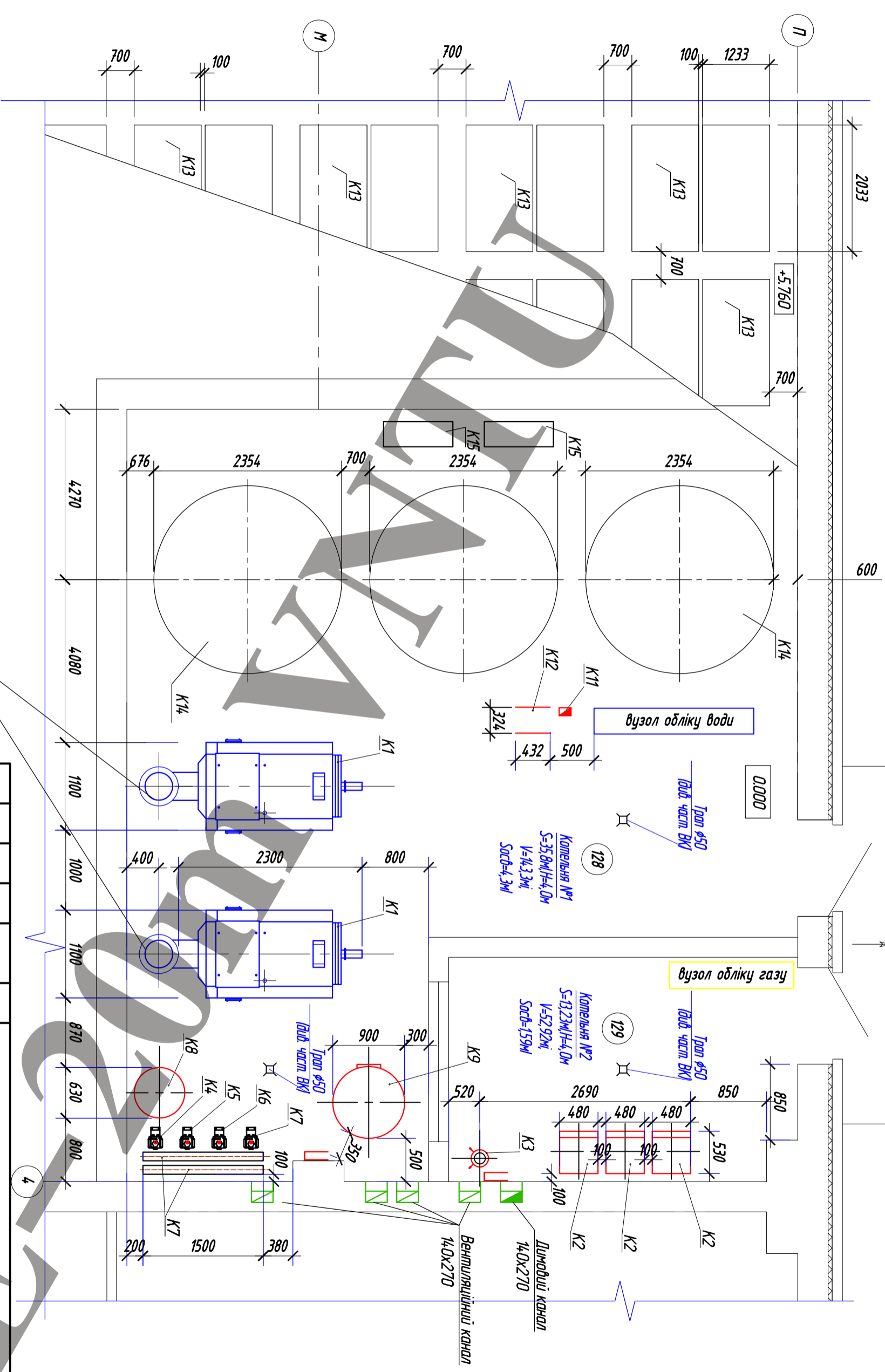
08-11.MKP.007.05.000.00 T3

Схема теплова принципова	Стадія	Аркуш	Аркушів
		5	12
ВНТУ, зр. ТЕ-20м			

Поз. озна-чення	Наименование		Кол.	Примечание				
Перв. примен.	K1	Котел на твердом топливе, стальной теплоба мощность 150кВт	2	m=1500 кг				
	K2	Газовый конденсационный водогрейный котел тепловою мощностью 75,0кВт, Vitodens 200-W B2C	3	m=83 кг				
	K3	Гидравлический раздельный φ219x3,0, H=0,81м	1					
	K4	Насос циркуляционный для системы отопления административно-производной будівлі, WILO TOP-S 40/7	1					
Справ. №		Q= 3,1 м ³ /год, H=6,0м. в.ст., однофазный, Nел=390Вт, I=1,93А						
	K5	Насос циркуляционный для системы теплоснабжения вентиляционных установок административно-производной будівлі, WILO TOP-S 30/5	1					
		Q= 1,3 м ³ /год, H=3,5м. в.ст., однофазный, Nел=150Вт, I=0,65А						
	K6	Насос циркуляционный для системы теплоснабжения закрытой стоянки дорожной техники, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,5 м ³ /год, H=5,0м. в.ст., однофазный, Nел=195Вт, I=0,93А	1					
	K7	Насос циркуляционный для системы горячего водоснабжения административно-производной будівлі, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,4 м ³ /год, H=4,8м. в.ст., однофазный, Nел=195Вт, I=0,93А	1					
	K8	Бак мембранный расширительный V=200л, reflex G200	1					
	K9	Емкисний підігрівач гарячої води V=1000л, reflex SF 1000	1					
Падп. и дата	K10	Розподільча гребінка 2xφ108x4,0 ; L=1,1м	1					
	K11	Лічильник крильчатий для холодної води	1					
Инв. № дубл.	K12	Система очищення та пом'якшення води з q=2,0м ³ /год, Pmax=0,2-0,6 бар, Aquahome-27	1					
	K12.1	Фільтр грубої очистки q=2,0м ³ /год Pmax=6бар, Aquafilter	1					
Взам. инв. №	K13	Геліоколектор Vaillant auroTHERM VFK 145/2V	36					
	K14	Емкисний бівалентний нагрівач auroSTOR VIH S 2000	3					
	K15	Насосна група сонячного контуру auroFLOW VMS 70u	2					
Падп. и дата								
Инв. № дубл.	Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	08-11.MKP.007.05.00.000		
	Разрабид		Коломієць Ю.					
	Перебїрїв		Степанова Н.Д.					
	Опонент		Сердюк В.Р.					
	Н. Контр.		Степанова Н.Д.					
	Утв.		Степанов Д.В.					
						Лит.	Лист	Листов
							1	
						ВНТУ, гр. ТЕ-20м		

Схема теплоба принципова

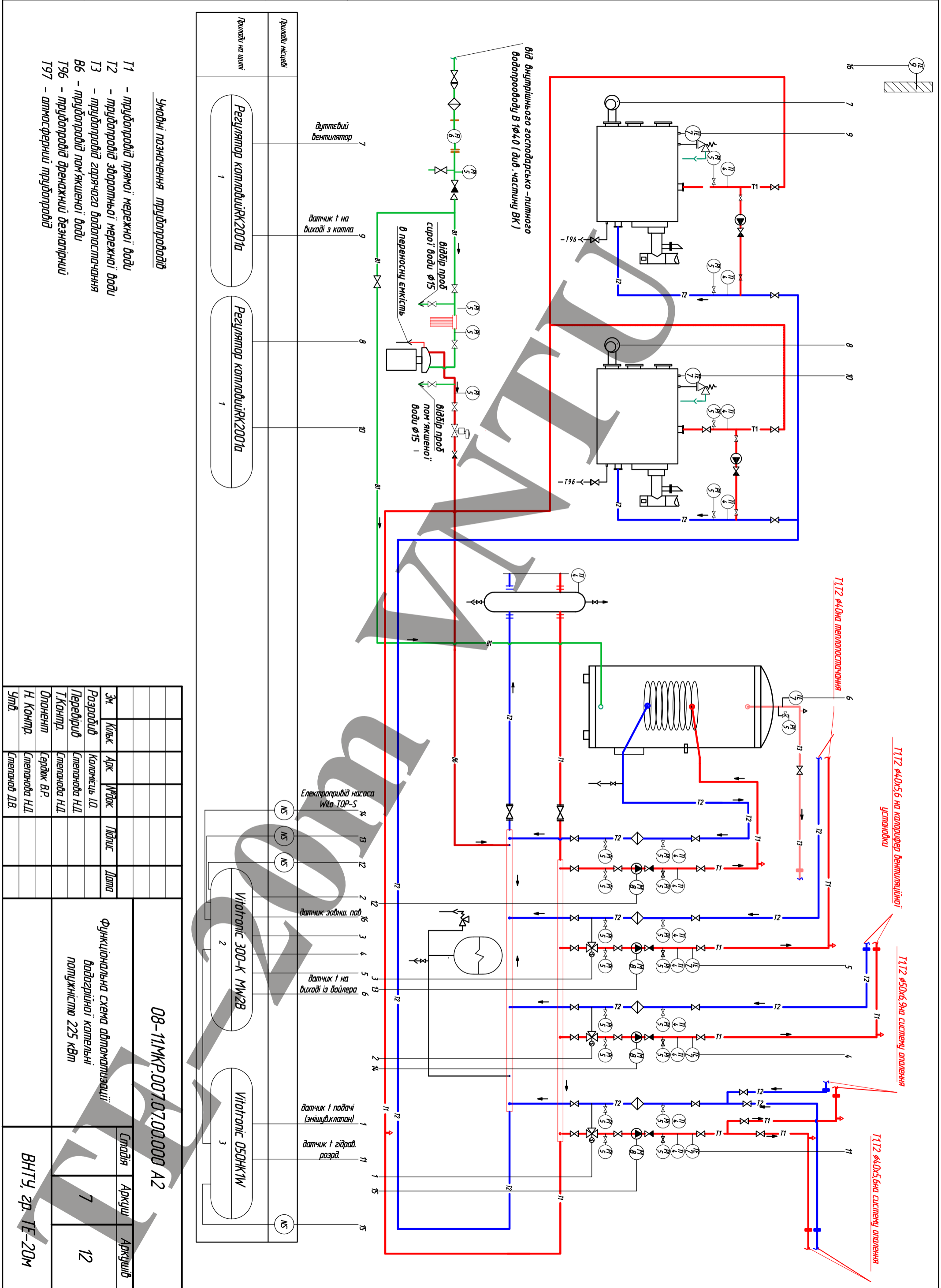
КОМПОНОВКА ОБЛАДНАННЯ НА ВІДМ. 0.000



Інв. № ар.	Підпис і дата	
------------	---------------	--

08-11МКР.007.06.000.00 АР		М. Запоріжжя	
Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні		Студія	Архуси
План розташування обладнання		РД	6
			12
Зм.	Кільк.	Арх.	М'ясок.
Розробив	Коломєць І.О.	Підпис	Дата
Перевірив	Степанюк Н.Д.		
Т.Констр.	Степанюк Н.Д.		
Опонецт	Гердж В.Р.		
Н. Констр.	Степанюк Н.Д.		
Утв.	Степанюк Н.Д.		

Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.										
				№	дата	№	дата	№	дата	№	дата	№	дата	№	дата	№	дата	№	дата							
K1	Котел на твердому паливі, сталевий теплова потужність 150кВт	2	m=1500 кг																							
K2	Газовий конденсаційний водогрійний котел тепловою потужністю 75,0кВт, Vitodens 200-W B2C	3	m=83 кг																							
K3	Гідравлічний розділювач φ219x3,0, H=0,81м	1																								
K4	Насос циркуляційний для системи опалення адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 40/7	1																								
	Q= 3,1 м ³ / год, H=6,0м .в .ст., однофазний, Nел=390Вт, I=1,93А																									
K5	Насос циркуляційний для системи теплопостачання вентиляційних установок адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 30/5	1																								
	Q= 1,3 м ³ / год, H=3,5м .в .ст., однофазний, Nел=150Вт, I=0,65А																									
K6	Насос циркуляційний для системи теплопостачання закритої стоянки дорожньої техніки, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,5 м ³ / год, H=5,0м .в .ст., однофазний, Nел=195Вт, I=0,93А	1																								
K7	Насос циркуляційний для системи гарячого водопостачання адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,4 м ³ / год, H=4,8м .в .ст., однофазний, Nел=195Вт, I=0,93А	1																								
K8	Бак мембранний розширювальний V=200л, reflex G200	1																								
K9	Ємкісний підігрівач гарячої води V=1000л, reflex SF 1000	1																								
K10	Розподільча гребінка 2хφ108х4,0 ; L=1,1м	1																								
K11	Лічильник крильчатий для холодної води	1																								
K12	Система очищення та пом'якшення води з q=2,0мі/год, Pmax=0,2-0,6 бар, Aquahome-27	1																								
K12.1	Фільтр грубої очистки q=2,0мі/год Pmax=6бар, Aquafilter	1																								
K13	Геліоколектор Vaillant auroTHERM VFK 145/2V	36																								
K14	Ємкісний бівалентний нагрівач auroSTOR VIH S 2000	3																								
K15	Насосна група сонячного контуру auroFLOW VMS 70u	2																								
08-11.МКР.007.06.00.000																										
Изм. Лист		№докум.		Подп.		Дата		План розташування обладнання									Лист.		Лист		Листов					
Розробив		Коломієць Ю.																					1			
Перевірив		Степанова Н.Д.																								
Опонецт		Сердюк В.Р.																								
Н. Контр.		Степанова Н.Д.																								
Утв.		Степанов Д.В.																ВНТУ, гр. ТЕ-20м								



08-11МКР.007.07.00.000 А2

Функціональна схема автоматизації водогрійної котельні потужністю 225 кВт

ВНТУ, зр. ТЕ-20М

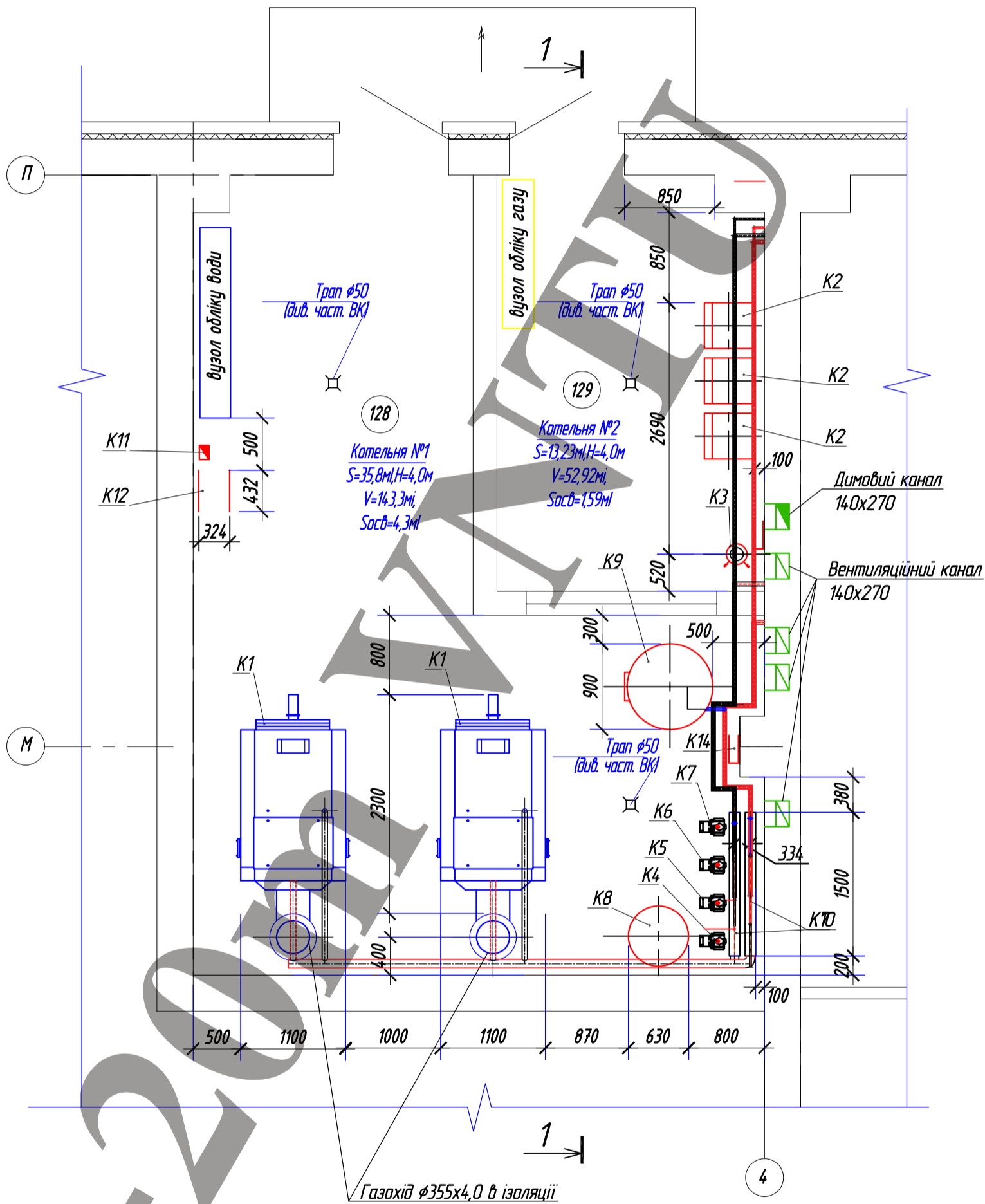
Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание
2	Контролер Vitotronic 300-K MW2B	1	
3	Контролер Vitotronic 050HK1W	1	
4	Датчик температури на трубопроводі	13	
5	Манометр мембранний	25	
6	Лічильник	1	
7	Датчик температури (чутливий елемент, перетворювач)	7	
8	Електропривід насоса Wilo TOP-S	4	
9	Датчик температури навколишнього середовища (перетворювач)	1	

Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание
Разробив	Коломієць І.О.					1													
Перевірів	Степанова Н.Д.																		
Опонент	Сердюк В.Р.																		
Н. Контр.	Степанова Н.Д.																		
Утв.	Степанов Д.В.																		

Функціональна схема автоматизації
водогрійної котельні потужністю 225 кВт.

ВНТУ, гр. ТЕ-20м

КОМПОНОВКА ОБЛАДНАННЯ НА ВІДМ. 0.000



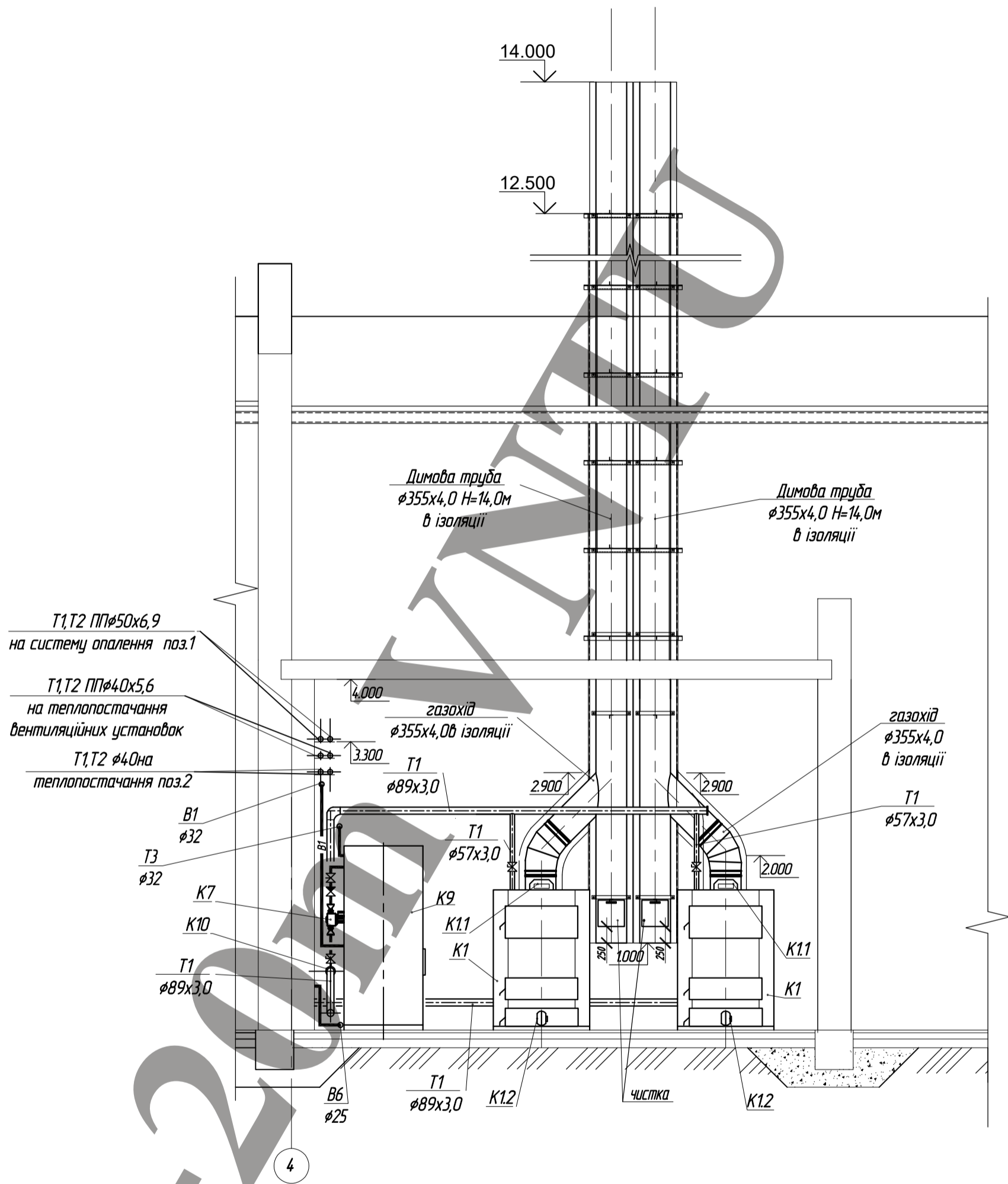
Погоджено:	ОВ	ЕП
	АБ	ВК

Підпис і дата	Замість інв. №
	Ірв. №ориг.

						08-11.МКР.007.08.00.000 АР			
						м. Запоріжжя			
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Коломієць І.О.					РД	8	12
Перевірив		Степанова Н.Д.							
Т.Контр.		Степанова Н.Д.							
Опонент		Сердюк В.Р.							
Н. Контр.		Степанова Н.Д.				План котельні на відм. +0.000	ВНТУ гр. ТЕ-20м		
Утв.		Степанов Д.В.							

Поз. обозна- чення	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
K1	Котел на твердом топливе, стальной теплоа мощность 150кВт	2	m=1500 кг	Справ. №	
K2	Газовый конденсационный водогрейный котел тепловою мощностью 75,0кВт, Vitodens 200-W B2C	3	m=83 кг		
K3	Гидравлический разделяющий 219x3,0,H=0,81м	1			
K4	Насос циркуляционный для системы опалення адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 40/7 Q= 3,1 м³ / год, H=6,0м .в .ст .,однофазний, Nел=390Вт, I=1,93А	1			
K5	Насос циркуляционный для системы теплопостачання вентиляційних установок адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 30/5 Q= 1,3 м³ / год, H=3,5м .в .ст .,однофазний, Nел=150Вт, I=0,65А	1			
K6	Насос циркуляционный для системы теплопостачання закритої стоянки дорожньої техніки, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,5 м³ / год, H=5,0м .в .ст .,однофазний, Nел=195Вт, I=0,93А	1			
K7	Насос циркуляционный для системы горячего водопостачання адміністративно-виробничої будівлі, WILO TOP-S 30/7, Q= 2,4 м³ / год, H=4,8м .в .ст .,однофазний, Nел=195Вт, I=0,93А	1			
K8	Бак мембранний розширювальний V=200л, reflex G200	1		Підп. и дата	
K9	Ємкісний підігрівач горячої води V=1000л, reflex SF 1000	1			
K10	Розподільча гребінка 2хφ108х4,0 ; L=1,1м	1		Підп. и дата	
K11	Лічильник крильчатий для холодної води	1			
K12	Система очищення та пом'якшення води з q=2,0м³/год, Pmax=0,2-0,6 бар, Aquahome-27	1		Взам. инв. №	
K12.1	Фільтр грубої очистки q=2,0м³/год Pmax=6бар, Aquafilter	1			
				Підп. и дата	
				Підп. и дата	
				Инв. № дубл.	
Изм.	Лист	№докум.	Подп.		Дата
Разработ		Коломієць Ю.			
Провер		Степанова Н.Д.			
Опонец		Сердюк В.Р.			
Н. Контр.		Степанова Н.Д.			
Утв.		Степанов Д.В.			
08-11.МКР.007.08.00.000				Лит.	
План котельні на відм. +0.000					Лист
					Листов
				1	
				ВНТУ, гр. ТЕ-20м	

РОЗРІЗ 1 - 1

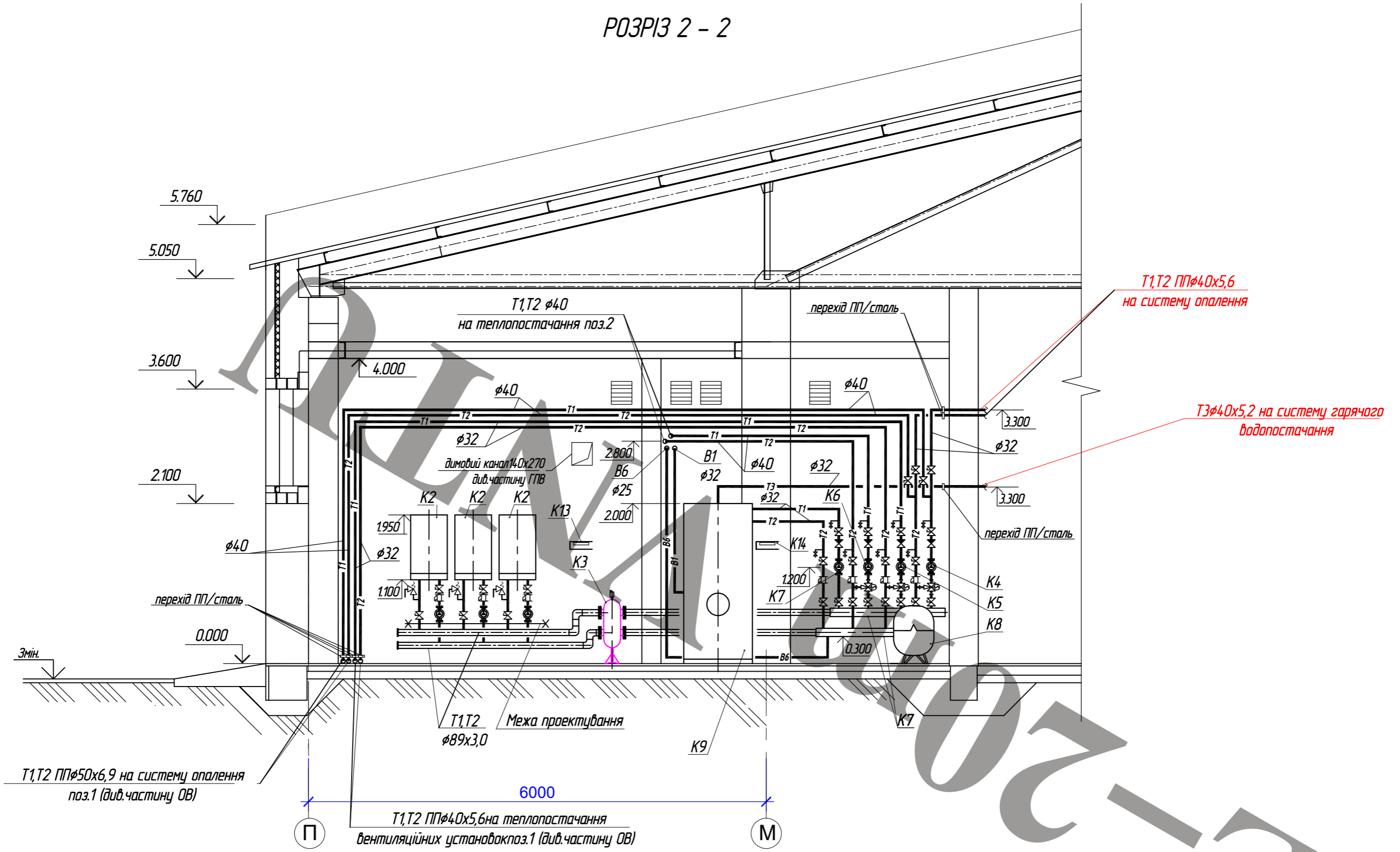


Погоджено:	ОВ	ЕП
	АБ	ВК

Замість інв. №	
Підпис і дата	
Ірв. №ориг.	

						08-11.МКР.007.09.000.00 АР			
						м. Запоріжжя			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Коломієць І.О.					РД	9	12
Перевірив		Степанова Н.Д.							
Т.Контр.		Степанова Н.Д.							
Опонент		Сердюк В.Р.							
Н. Контр.		Степанова Н.Д.				Розріз 1-1	ВНТУ зр. ТЕ-20м		
Утв.		Степанов Д.В.							

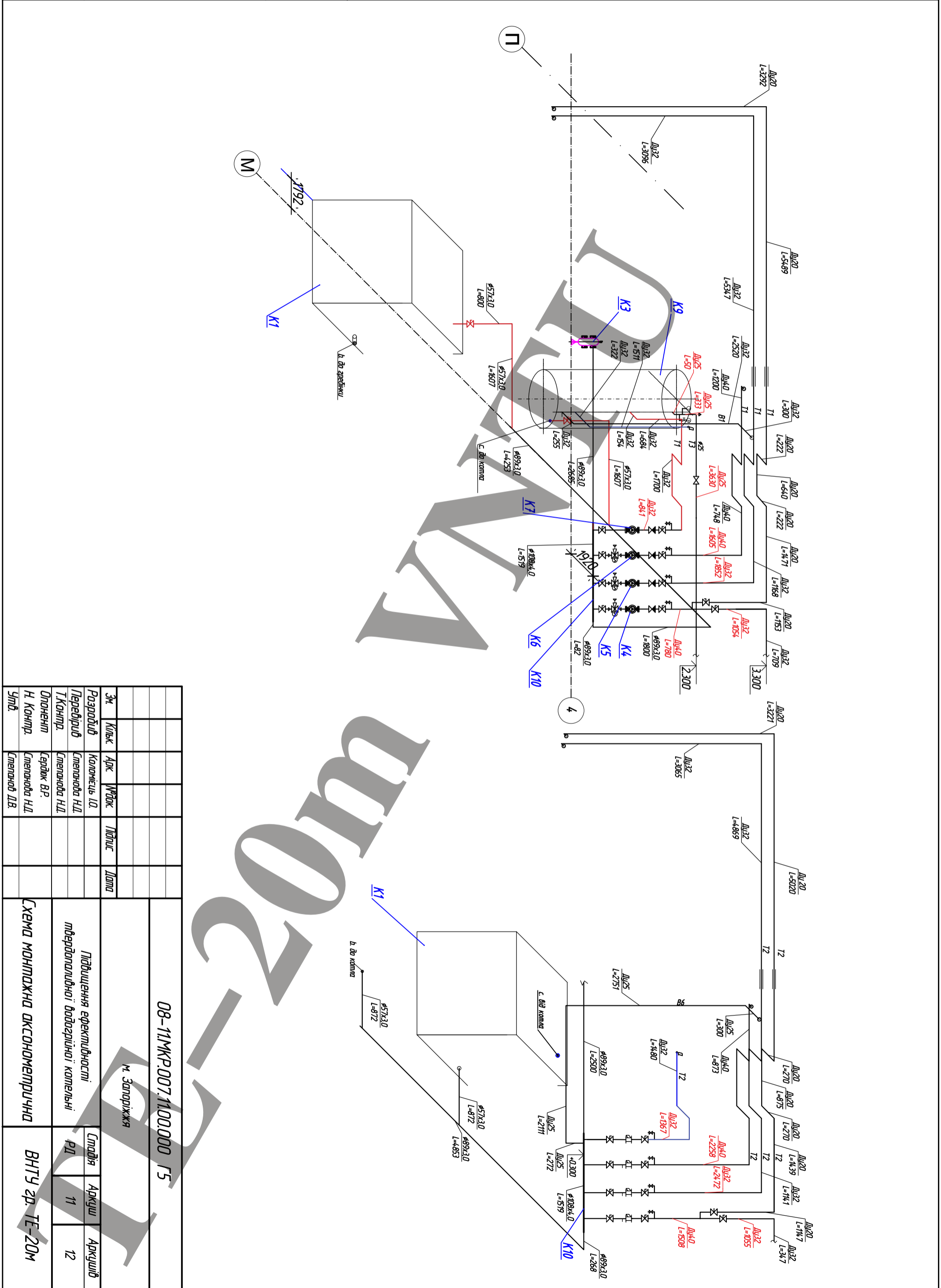
Р03РІ3 2 - 2



Підпис і дата
Інв. № ар.

						08-11.МКР.007.10.000.00			
						Автотранспортна магістраль через р.Дніпро в м. Запоріжжі			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності твердопаливної водогрійної котельні	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Коломієць І.О.				РД	10	12
Перевірив			Степанова Н.Д.						
Т.Контр.			Степанова Н.Д.						
Опонент			Сердюк В.Р.						
Н. Контр.			Степанова Н.Д.						
Утв.			Степанов Д.В.						
						Розріз 2 - 2	ВНТУ зр. ТЕ-20м		

Інв. № ар.	Підпис і дата	
------------	---------------	--



08-11МКР.007.11.00.000 Г5		М. Запаріжжя	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ арк.
Розробив	Коломєць І.О.	Підпис	Дата
Перевірив	Степанюда Н.Д.		
Т.Контр.	Степанюда Н.Д.		
Опонецт	Гердек В.Р.		
Н. Контр.	Степанюда Н.Д.		
Утв.	Степанюда Н.Д.		
Підвищення ефективності твердотопливної водогрійної котельні		Сторінка	Аркуш
Схема монтажно оксидометрична		РД	11
			12
		ВНТУ зр. ТЕ-20М	

