

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі
Ярмолинці»

Виконав: студент 4 курсу, групи ТЕ-21 6
спеціальності 144 – теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)



Мартиненко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

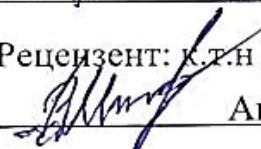


Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2025 р.

Рецензент: к. т. н. доцент БМГА



Андрухов В.М.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ

к. т. н. доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2025 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Степанов Д.В.
2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мартиненку Віталію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці»

керівник роботи Степанов Дмитро Вікторович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2024 року №97

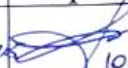
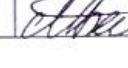
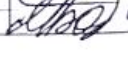
2. Термін подання студентом роботи 08.червня 2025 року

3. Вхідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп} = 2000$ кВт, потужність системи вентиляції 300 кВт, потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 200$ кВт, графік мережної води 75/55 °С, температура сирої води 5 °С, температура на гаряче водопостачання 60 °С.

4. Зміст текстової частини: аналіз та розрахунок принципової теплової схеми водогрійної котельні та її елементів, багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти, теплове навантаження котла та математичне моделювання смісного водонагрівача потужністю 50 кВт, технологія монтажу смісного водонагрівача, охорона праці.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): принципова теплова схема, план існуючої котельні на відмітці 0.000, смісний водонагрівач потужністю 50 кВт, схема монтажна аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	Степанов Д.В., к.т.н., доцент кафедри ТЕ	 21.03.25	 10.06.25
Охорона праці	Кобилянська І.М. к.пед.н, доцент		
Нормоконтроль	Боднар Л.А. к.т.н., доцент		 11.06.25

7. Дата видачі завдання 21.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

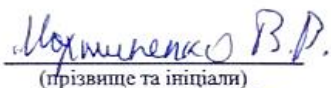
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз та розрахунок принципової теплової схеми водогрійної котельні та її елементів	21.03.2025	1.04.2025	век.
2	Багатоваріантний аналіз та техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти	02.04.2025	12.04.2025	век.
3	Теплове навантаження котла та математичне моделювання ємкісного водонагрівача потужністю 50 кВт	13.04.2025	27.04.2025	век.
4	Технологія монтажу ємкісного водонагрівача	28.04.2025	11.05.2025	век.
5	Охорона праці	12.05.2025	27.05.2025	век.
6	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	28.05.2025	08.06.2025	век.

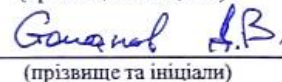
Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)


(прізвище та ініціали)


(прізвище та ініціали)

Анотація

УДК 662.997

Мартиненко В.В. Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2025.72 с. Бібліогр.: 48 назв; рис 8; табл. 15.

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто питання для модернізації водогрійної котельні потужністю 3 МВт. в селищі Ярмолинці, а саме застосування комбінованих систем гарячого водопостачання.

Проведено розрахунок існуючої теплової схеми для максимально – опалювального режиму.

Проведено аналіз теплового навантаження з врахуванням конструктивних характеристик топки.

Здійснено багатоваріантний аналіз та техніко – економічне обґрунтування вибору джерел теплової енергії для підготовки гарячої води.

Виконано математичне моделювання ємнісного водонагрівача на різних потужностях.

Розроблено технологію монтажу ємнісного водонагрівача та допоміжного устаткування.

В розділі охорони праці розглянуто питання з безпечної експлуатації об'єкту, технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.

Ключові слова: ємнісний водонагрівач, котел, теплообмінник, природний газ, сонячний колектор.

ABSTRACT

This bachelor's qualification work considers the issue of modernization of a water-heating boiler house with a capacity of 3 MW. in the village of Yarmolyntsi, namely the use of combined hot water supply systems.

The existing thermal scheme for the maximum heating mode was calculated.

The heat load analysis was carried out taking into account the design characteristics of the furnace.

A multivariate analysis and a technical and economic justification of the choice of thermal energy sources for hot water preparation were carried out.

Mathematical modeling of a capacitive water heater at different capacities was performed.

The technology for installing a capacitive water heater and auxiliary equipment was developed.

In the occupational safety section, issues of safe operation of the facility, technical solutions for occupational hygiene and industrial sanitation were considered.

Keywords: tank water heater, boiler, heat exchanger, natural gas, solar thermal collector.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ	10
1.1 Аналіз теплової схеми котельні	10
1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму .	11
1.3 Вибір котлоагрегатів	16
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ	17
2.1 Багатоваріантний аналіз вибору джерела теплоти	17
2.2 Техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти	18
3 ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ КОТЛА ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЄМКІСНОГО ВОДОНАГРІВАЧА ПОТУЖНІСТЮ 50 КВТ	23
3.1 Теплове навантаження котла	23
3.2 Результати дослідження впливу навантаження котла на його показники	25
3.3 Розробка математичної моделі теплообмінника	27
3.4 Аналіз отриманих результатів моделювання	34
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЄМКІСНОГО ВОДОНАГРІВАЧА	39
4.1 Підбір діаметрів трубопроводів та насосів	39
4.2 Склад робіт	40
4.3 Об’єми робіт	41
4.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.	42
4.5 Підбір машин , механізмів, пристосувань для монтажних робіт	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об’єкта	52
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	54
5.2.1 Мікроклімат	54

5.2.2 Склад повітря робочої зони	55
5.2.3 Виробниче освітлення	55
5.2.4 Виробничий шум	56
5.2.5 Виробнича вібрація	57
5.3 Пожежна безпека	59
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	65
ДОДАТКИ	70
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	71
Додаток Б (обов'язковий) ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	72
Додаток В ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	75

ВСТУП

Котельні мають важливе значення в сучасних умовах, особливо в контексті енергетичної безпеки, економічних ресурсів та підтримки комфортних умов проживання та роботи.

У світі зростає ціна на енергоносії та потреби в енергетичній незалежності, котельні на альтернативному паливі та новітніх джерелах енергії, таких як деревні пелети чи енергія сонця, допомагають зменшити залежність від традиційних видів палива.

Завдяки модернізації котелень, яка включає інсталювані високоефективного обладнання досягається економія ресурсів та підвищення енергоефективності.

Також модернізації котелень стимулює розвиток новітніх технологій, таких як автоматичні системи керування, інтелектуальні лічильники, теплові насоси, сонячні колектори. Це відкриває можливості для застосування відновлюваних джерел енергії та зниження експлуатаційних витрат, відповідно ці можливості дозволять розвантажити систему опалення та гарячого водопостачання.

Особливої уваги заслуговує використання відновлювальних джерел енергії, а саме сонячної енергії у роботі котелень. Застосування сонячних колекторів та систем акумулювання теплоти дозволяє не лише знизити залежність від традиційних енергоносіїв, а й суттєво зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, тому впровадження новітніх технологій у котельному господарстві, зокрема встановлення сонячних колекторів для приготування гарячої води.

Комбінована система гарячо водопостачання сонячний колектор – газовий котел дозволить нам підвищити екологічні, енергетичні та економічні показники, суттєво зменшити витрату палива.

Метою роботи є підвищення енергетичної та економічної ефективності котельні шляхом встановлення сонячних колекторів та системи акумулювання теплоти для підготовки гарячого водопостачання.

Завданням бакалаврської кваліфікаційної роботи є:

- 1) аналіз об'єкту проектування;
- 2) розрахунок теплової схеми котельні;
- 3) багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування модернізації котельні;
- 4) розробка ємкісного водонагрівача;
- 5) розробка монтажною схеми ємкісного водонагрівача;
- 6) розробка заходів з охорони праці.

Апробація роботи: результати роботи доповідалися на міжнародних наукових конференціях і науково – технічній конференції підрозділів ВНТУ [1,2].

1 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

1.1 Аналіз теплової схеми котельні

Котельня знаходиться в селищі Ярмолинці, що на Хмельниччині споживачами теплової енергії є району лікарня, котельня обладнана чотирма котлами марки Колві потужністю 1500 кВт також є в наявності твердопаливний котел, що спалює дрова.

Водогрійна котельня забезпечує потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання (далі ГВП), як теплоносій використовується вода. Нагрівання теплоносія здійснюється за рахунок водогрійних котлів, а саме трубчастими теплообмінниками [3].

Водопостачання котельні здійснюється з свердловини, що знаходиться на території лікарні, ГВП працює за закритою схемою вода для цієї системи подається за допомогою насосної станції після чого проходить систему хімоводоочистки (далі ХВО), після очищення накопичується в рекуперативному теплообміннику.

Для підтримки відповідної та режимної роботи котла живильна вода проходить очищення за допомогою устаткування ХВО, а саме методом зм'якшення води шляхом Na-катіонування, цей метод базується на здатності катіонітів змінювати в бажаному напрямі іонний склад води. За допомогою цієї установки відбувається заміна катіонів, що утворюють накип, а саме Ca^{2+} , Mg^{2+} на катіони Na^{+} , що чудово розчині в воді [4].

Для зливу води з котлів передбачено дренажний трубопровід.

Теплоносій, що подається на потреби лікарні повертається на теплообмінники підготовки води, відповідно передбачено забір води для системи пожезогасіння в котельні.

Для забезпечення опалення, вентиляції та ГВП використовується два котла марки Колві потужністю 1500 кВт., що працюють на природньому газі,

для відповідного регулювання проєктом передбачено лінію перепустки, для центрального якісного регулювання.[6]

Кожен котел забезпечений рециркуляційною лінією для запобігання низькотемпературної корозії. Циркуляційні здійснюють подачу води від котлів до теплообмінників для опалення, вентиляції та ГВП. [7]

Відповідно для зменшення ризику виникнення аварійних ситуацій кожен котел має арматурну обвязку безпеки, а саме манометр, термометр і запобіжні клапани, розташовані на виході з котла, також зливний трубопровід від запобіжного клапана виведений окремою лінією.

Планується обладнати котельню ємкісними водонагрівачами, що працюють комбіновано як від котлів так і від сонячних колекторів.

1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму

Для розрахунку максимального опалювального режиму було знято дані з існуючої котельні та її потреб забезпечення опалення, гарячого водопостачання (далі ГВП) та вентиляції. На основі отриманих на підприємстві матеріалів розроблено вихідні дані, що наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Найменування/позчення	Розмірність	Значення
1	2	3
Потужність системи опалення, $Q_{оп}$	кВт	2000
Потужність системи ГВП, $Q_{ГВП}$	кВт	200
Потужність системи вентиляції, $Q_{вен}$	кВт	300

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Графік котлової води t'/t''	$^{\circ}\text{C}$	85/65
Графік мережної води	$^{\circ}\text{C}$	75/55
Температура ГВП	$^{\circ}\text{C}$	60
Температура сирієї води	$^{\circ}\text{C}$	5
Температура зовнішнього повітря	$^{\circ}\text{C}$	-21
Охолодження води в трубопроводах	$^{\circ}\text{C}$	0,5
Частка підживлення систем		0,3
Частка підживлення котлового контуру	%	0,1

Витрата мережної води на опалення

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{C_p (t_{\text{TM1}} - t_{\text{TM2}})}, \quad (1.1)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп}} = \frac{2000}{4,19 \cdot (80 - 60)} = 23,87 \text{ (кг/с)}$$

Витрата мережної води на систему вентиляцію

$$G_{\text{TM}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{C_p (t_{\text{TM1}} - t_{\text{TM2}})}, \quad (1.2)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{B}} = \frac{300}{4,19 \cdot (80 - 60)} = 3,58 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення теплової мережі

$$G_{\text{TM}}^{\text{ПЖ}} = G_{\text{TM}} \cdot \alpha_{\text{ВТР}}, \quad (1.3)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ПЖ}} = (23,87 + 3,58) \cdot 0,003 = 0,0824 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата котлової води на систему гарячого водопостачання

$$G_{\text{KB}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p (t_{\text{KB1}} - t_{\text{KB2}})}, \quad (1.4)$$

$$G_{\text{KB}}^{\text{ГВП}} = \frac{200}{4,19 \cdot (85 - 65)} = 2,39 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата котлової води

$$G_{\text{KB}} = G_{\text{KB}}^{\text{ОП+В}} + G_{\text{KB}}^{\text{ГВП}}, \quad (1.5)$$

$$G_{\text{KB}} = 27,72 + 2,39 = 30,11 \text{ (кг/с)}.$$

Температура котлової води перед котлами

$$t_{\text{передк}} = \frac{G_{\text{KB}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{KB}}^{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{KB}}}, \quad (1.6)$$

$$t_{\text{передк}} = \frac{30,11 \cdot (1 - 0,001) \cdot 60 + 0,03011 \cdot 5}{30,11} = 59,9 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в лінії перепускання системи опалення

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{тм}}^{\text{оп}} \cdot \left(\frac{t'_{\text{оп}} - t_{\text{тол}}}{t_{\text{тол}} - t''_{\text{оп}}} \right), \quad (1.7)$$

$$G_{\text{пер}} = 3,58 \cdot \left(\frac{80 - 80}{80 - 60} \right) = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{кв}} \frac{t'_{\text{кот}} - t_{\text{передк}}}{t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}}, \quad (1.8)$$

$$G_{\text{рец}} = 30,11 \cdot \left(\frac{59,9 - 59,9}{85 - 59,9} \right) = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата котлової води

$$G_{\text{к}} = G_{\text{кв}} + G_{\text{рец}}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{к}} = 30,11 + 0 = 30,11 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{к}} \cdot C_p (t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}), \quad (1.10)$$

$$Q_{\text{кот}} = 30,11 \cdot 4,19 \cdot (85 - 65) = 2523,22 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (1.11)$$

де Q_H^p – наявна теплота палива, яка для природнього газу 34,4 МДж/м³;

$\eta_{\text{кот}}$ – ККД котла, який дорівнює 92%.

$$B_p = \frac{2523,22}{34400 \cdot 0,92} = 0,0797 \text{ (м}^3/\text{с)} = 286,9 \text{ (м}^3/\text{Год)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (1.12)$$

$$B_y = \frac{2523,22}{29300 \cdot 0,92} = 0,0936 \text{ (м}^3/\text{с)} = 336,96 \text{ (м}^3/\text{Год)}.$$

ККД системи теплопостачання

$$\eta = \frac{\Sigma Q_{\text{спож}}}{B_y \cdot Q_{\text{ну}}^p}, \quad (1.13)$$

$$\eta = \frac{2000 + 200}{0,0936 \cdot 29300} = 0,802.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{кот}}}, \quad (1.14)$$

$$b_y = \frac{0,0936}{2523,22} = 37,09 \text{ (кг/ГДж)}.$$

1.3 Вибір котлоагрегатів

Підбір котлів проводимо залежно розрахункової продуктивності водогрійної котельні для максимально – опалювального режим також врахувавши режим для міжопалювального сезону.

$$Q_{\text{кот}} = 2523,22 \text{ кВт та } 204 \text{ кВт}.$$

До встановлення приймаємо два сталеві водогрійні котли потужністю по 1500 кВт. фірми Колві та один котел твердопаливний котел потужністю 1700 кВт, який виконує функцію резерву під час ремонтних робіт або в наслідок аварійних ситуацій, що не призвели до руйнування систем видалення відхідних газів.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ

2.1 Багатоваріантний аналіз вибору джерела теплоти

У наш час існує багато способів забезпечити будинок гарячою водою. Все залежить від можливостей, бюджету і того, де саме розташоване житло. Одними з найпоширеніших джерел теплоти для гарячого водопостачання є газові водонагрівачі. Вони працюють на природному газі і можуть дуже швидко нагрівати воду. Такі установки зручні тим, що не потрібно чекати, поки бойлер нагріється. Але потрібно мати димохід і добре провітрюване приміщення.

Електричні бойлери також популярні, особливо в квартирах і приватних будинках, де немає газу. Вони прості в монтажі, працюють від звичайної розетки, і їх легко обслуговувати. Мінусом є витрати на електроенергію, хоча сучасні моделі вже набагато економніші.

Ще один варіант – твердопаливні котли. Вони працюють на дровах, пелетах або вугіллі. Часто їх використовують у сільській місцевості або там, де є доступ до дешевих видів палива. Такі системи вимагають регулярного завантаження пального і чистки, тому їх важко назвати повністю зручними. Останнім часом стають популярними сонячні колектори. Вони нагрівають воду за допомогою енергії сонця. Це дуже екологічний варіант, але залежить від погоди. Взимку або в похмурі дні доводиться підключати додаткові джерела тепла.

Ще одним сучасним способом є теплові насоси. Вони забирають тепло з навколишнього середовища – з ґрунту, повітря або води. Це досить дороге обладнання, але воно дуже економне в довгостроковій перспективі. Теплові насоси часто використовують у новобудовах або енергоефективних будинках.

В наслідок зростання потреб у гарячій воді, було прийнято рішення по інтеграції додаткового джерела теплоти для задоволення потреб у ГВП.

Заплановано впровадження додаткової системи ГВП потужністю 50 кВт. Її буде інтегровано до загальної схеми, що дозволить більш гнучко реагувати на пікові навантаження, забезпечити безперебійну подачу гарячої води для медичних та побутових потреб закладу. Також проводиться порівняльний аналіз нової системи з іншими джерелами теплоти з метою оптимального вибору обладнання з урахуванням економічної доцільності та збереження екологічних норм відповідно до законодавства.

Проект котельні передбачає виробництво теплової енергії для трьох основних потреб: опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Усі системи використовують гарячу воду в якості теплоносія. Підігрів мережевої води, яка надходить до систем опалення й вентиляції, відбувається через розбірні пластинчасті теплообмінники. Передача теплової енергії здійснюється за рахунок циркуляції котлової води, нагрітої в котлах. Гаряче водопостачання забезпечується за допомогою ємнісного теплообмінника зі змішувиком, обігрів якого також відбувається за участі котлової води.

2.2 Техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти

Гаряче водопостачання має забезпечити 200 кВт за умов 100 м³/год витрата води на одну людину кількість ліжок місць 202.

Розглянемо економічні показники ГВП районої лікарні на основі встановлення бак – акумулюючих установок, які працюють від сонячних колекторів.

Капіталовкладення прийняті в розмірі 2,7 млн. грн, вартість електроенергії 6,86 грн/(кВт·год), котельня повністю автоматизована, її обслуговують 9 працівників, витрата на пропіленгліколь 250000 (грн/рік).

Річне теплове навантаження

Теплофізичні характеристики води:

Густина води, $\rho_v = 993,7$ (кг/м³).

Теплоємність води $C_{p_v} = 4,176$ (кДж / кг).

$$Q_H = V \cdot \rho \cdot C_p (t_{гв} - t_{хв}) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (2.1)$$

$$Q_H = 100 \cdot 977,8 \cdot 4,176 (60 - 10) \cdot 202 \cdot 10^{-6} = 4124 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію

$$S_{\text{еє}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \text{Ц}, \quad (2.2)$$

$$S_{\text{еє}} = (0,167 \cdot 30 + 0,167 \cdot 4246 + 0,167 \cdot 4484) \cdot 6,86 = 10 \text{ (тис/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці з відрахуваннями

$$S_{\text{зп}} = n \cdot 3\Pi \cdot k, \quad (2.3)$$

$$S_{\text{зп}} = 9 \cdot 15000 \cdot 12 \cdot 1,41 = 2,28 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 6 - 8\% \cdot B_{\text{оф}}, \quad (2.4)$$

$$S_A = 0,075 \cdot 2,7 = 0,203 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Витрати на ремонт

$$S_p = 0,2 \cdot S_A, \quad (2.6)$$

$$S_p = 0,2 \cdot 0,203 = 0,041 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$S_I = 0,3 \cdot (S_A + S_P + S_{\text{заг.зп}}), \quad (2.6)$$

$$S_I = 0,3 \cdot (203 + 41 + 2280) = 757 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Затрати на сировину

$$S_C = S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{еє}}, \quad (2.7)$$

$$S_C = 250 + 10 = 260 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Загальні витрати

$$S = S_C + S_{\text{заг.зп}} + S_A + S_P + S_I, \quad (2.8)$$

$$S = 260 + 2280 + 203 + 41 + 757 = 3541 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

$$C_B = \frac{S}{Q_H}, \quad (2.9)$$

$$C_B = \frac{3541}{4124} = 859,7 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Розглянемо економічні показники додаткового гарячоводопостачання районої лікарні на різних джерелах виробення теплоти.

Для спрощення розрахунків було створено програму розрахунку в середовищі Excel, результати розрахунків наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Співставлення розрахункових техніко-економічних показників різних джерел енергії для підготовки ГВП потужністю 200 кВт

	СК	Пр.газ	Деревні гранули	Дрова	Електро- котел	ТН
1	2	3	4	5	6	7
Капіталовкладення, тис.грн	2700	195	360	280	250	1550
Теплова потужність, кВт	200	200	200	200	200	200
ККД котлів та коефіцієнт перетворення	0,85	0,93	0,85	0,82	0,99	2,5
Теплота згорання, кДж		33400	17000	12000		
Вартість палива грн/кг, грн/м ³		24,45	7,5	2,5		
Вартість електроенергії, грн/(кВт·год)	6,86	6,86	6,86	6,86	6,86	6,86
Витрата палива річна, кг/рік, м ³ /рік		203052	436484	640976		
Витрата електроенергії, кВт·год/рік	1492,6	67915	67915	67915	1769520	718320
Виробництво теплоти, ГДж	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Витрати на паливо, реагент, тис.грн/рік	250	4964,6	3273,6	1602,4		
Зарплата, тис.грн/рік	2284,2	2284,2	2284,2	2284,2	2284,2	2284,2
Витрати на електроенергію, тис.грн/рік	10,2	465,9	465,9	465,9	12138,9	4927,7

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Додаткова зарплата, тис.грн/рік		0	169,2	169,2	0	0
Амортизація тис.грн/рік	202,5	14625	27	21	18,8	116,3
Поточний ремонт тис.грн/рік	40,5	2,9	5,4	4,2	3,7	23,3
Інші витрати, тис.грн/рік	758,2	690,2	694,9	692,8	692	727,1
Загальні витрати, млн.грн/рік	3,55	8,42	6,75	5,07	15,14	8,08
Собівартість підготовки ГВП, грн/кДж	859,7	2042,4	1637,0	1229,5	3670,6	1958,9

Відповідно таблиці 2.1 найбільш економічно доцільним джерелом енергії для нагріву теплоносія та забезпечення температурного режиму є сонячний колектор.

Згідно результатів розрахунку, собівартість для такого варіанту в 3 рази нижче, ніж для варіанту електрокотельні. Порівняно з базовим варіантом та природним газом різниця собівартості складає 1182,7 грн. Оскільки котельня проектується для районої лікарні слід вжити заходів для очищення димових газів від золи. Отже, за вищенаведених умов економічно доцільно використовувати сонячні колектори з бак – акумулюючою установкою в поєднанні з існуючими газовими котлами.

3 ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ КОТЛА ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЄМКІСНОГО ВОДОНАГРІВАЧА ПОТУЖНІСТЮ 50 КВТ

3.1 Теплове навантаження котла

Для проведення дослідження впливу навантаження котла марки Колві 1500 на його показники здійснимо конструктивний розрахунок топки за отриманими характеристиками на підприємстві та визначимо площі, які потрібні для застосування програми розрахунку, що розроблено на кафедрі теплоенергетики.

Таблиця 3.1 – Конструктивні характеристики топки

Величина	Позначення	Розмірність	Стінки топки					
			Фронтowa стіна поворотної камери	Обичайка топки	Обичайка поворотної камери	Задня стіна топки	Вихідне вікно (трубна дошка)	Сумарна поща
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сумарна площа стін і вікна	$F_{ст}$	m^2	1,13	4,5	0,301	0,45	0,684	7,065
Площа, зайнята променесприймальною поверхнею	$F_{пр}$	m^2	0	4,5	0	0,45	0,684	5,63
Кутовий коефіцієнт екрана	χ	-	-	1	-	1	1	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площа променистої поверхні	$H_{\text{пр}}$	м^2	0	4,5	0	0,45	0,684	
Коефіцієнт забруднення	ξ	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	-

Фронтowa стіна, діаметр топки 1,2 метра (не охолоджується)

$$F_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\text{т}}^2}{4}, \quad (3.1)$$

$$F_{\phi} = \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 (\text{м}^2).$$

Обичайка поворотної камери (не охолоджується)

$$F_o = \pi \cdot d_{\text{т}} \cdot h_o, \quad (3.2)$$

$$F_o = \pi \cdot 1,2 \cdot 0,08 = 0,301 (\text{м}^2).$$

Площа вихідного вікна (трубної дошки)

$$F_{\text{тд}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{т}}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2}{4}, \quad (3.3)$$

$$F_{\text{тд}} = \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,754^2}{4} = 0,684$$

Коефіцієнт забруднення екранів (природний газ) становить $\xi = 0,65$ [9].

Середній коефіцієнт теплової ефективності екранів

$$\varphi = \frac{F_{\text{пр}} \cdot \xi}{F_{\text{ст}}}, \quad (3.4)$$

$$\varphi = \frac{5,63 \cdot 0,65}{7,065} = 0,519$$

3.2 Результати дослідження впливу навантаження котла на його показники

Для проведення дослідження було використано програму для теплового розрахунку водогрійного котла, розроблену на кафедрі ТЕ, яка побудована на основі Нормативного метода теплового розрахунку.

На рисунку 3.1 видно, як зміну температури відхідних газу

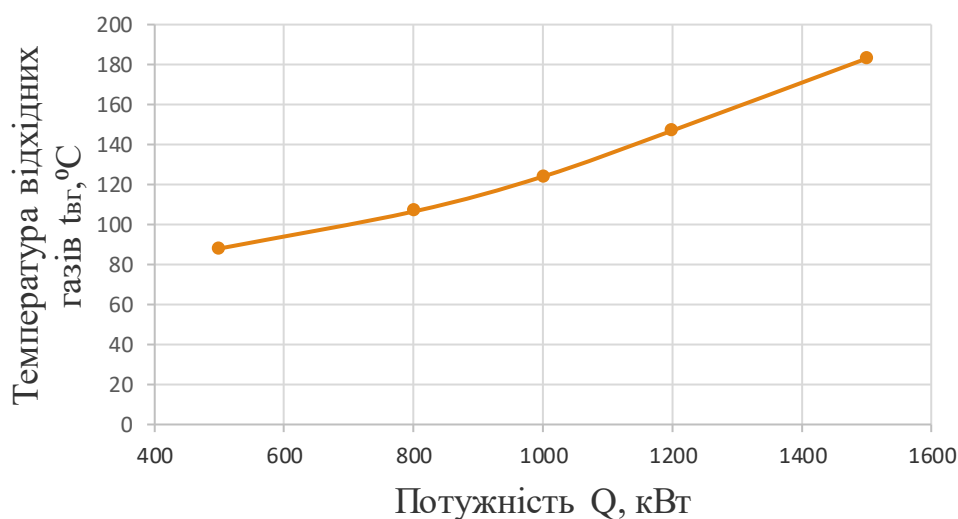


Рисунок 3.1 – Залежність температури відхідних газів від потужності котла

Для мінімізації втрат з відхідними газами слід підтримувати оптимальні значення коефіцієнта надлишку повітря, для спалювання природного газу

коефіцієнт має значення $\alpha = 1,04 \dots 1,07$ [11]. Також для кращого горіння та тепловідачі в котлі використовується інтенсифікатор типу скручена пластина.

На рисунку 3.2 показано зміну ККД залежно від потужності котла.

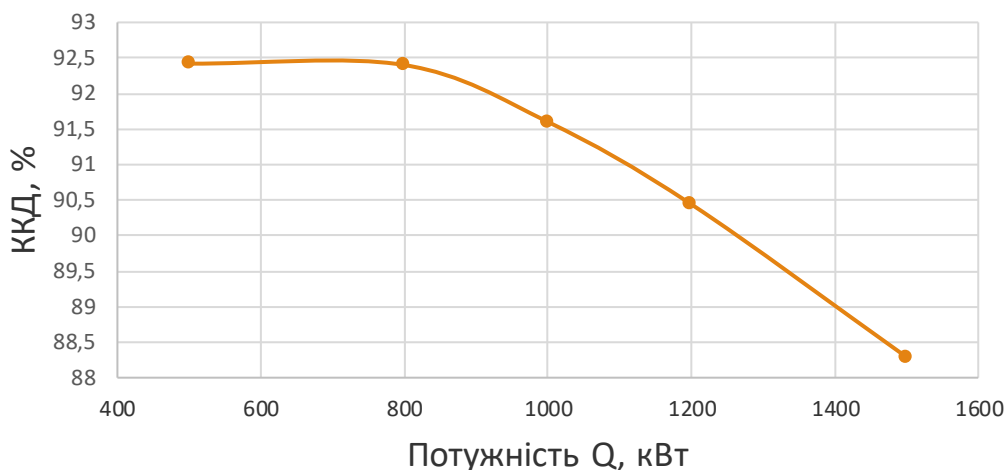


Рисунок 3.2 – Вплив ККД на потужність котла

Отже, найвищий показник ККД дорівнює 92,42% в діапазоні робочої потужності 500 – 800 кВт. В такому режимі високий ККД, але він створює умови для конденсації водяної пари відповідно до корозія в котлі, а також і в димовій трубі. Температура конденсації природного газу за цих параметрів становить 56,6 °С.

Рисунок 3.3 показує залежність потужності від витрати палива.

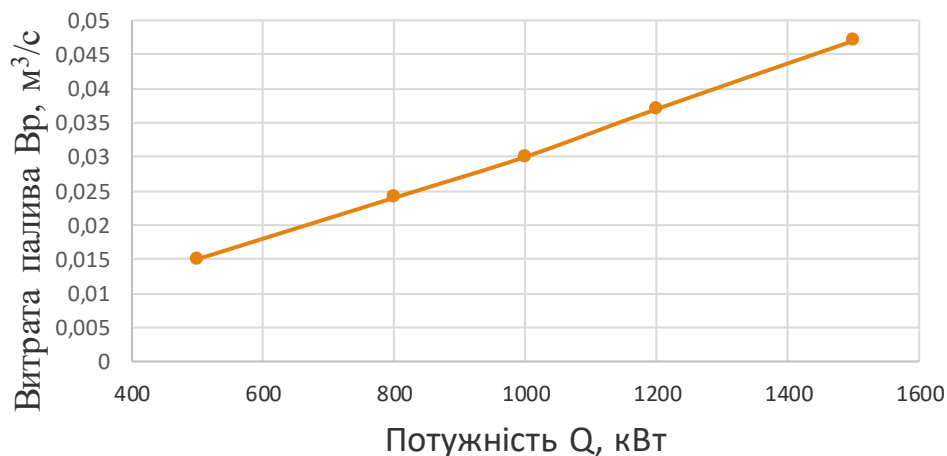


Рисунок 3.3 – Залежності витрати палива від потужності котла

Відповідно зі збільшенням потужності котла і збільшиться витрата палива це пов'язано тим, що потужність та витрата є обернено пропорційними залежностями з рівняння потужності котла.

3.3 Розробка математичної моделі теплообмінника

Створено програму для проведення дослідження роботи ємнісного водонагрівача на різних потужностях в середовищі Excel. Вона призначена для виконання теплового, гідравлічного та конструктивного розрахунків ємнісного теплообмінника.

Об'єктом моделювання виступає ємнісний водонагрівач з двома теплообмінниками. У першому випадку як грійне і нагріване середовище використовується вода, а в другому – пропіленгліколь і вода відповідно.

Для здійснення розрахунків користувач повинен ввести початкові дані у визначені клітинки таблиці. Після цього програма автоматично виконує обчислення.

На основі варіантного моделювання проводиться аналіз отриманих даних, а за потреби – графічне представлення результатів. Модель є функціональною, нелінійною, дискретною щодо параметрів, статичною в часі, та реалізується за певним алгоритмом.

Структура моделі включає 42 нелінійних рівняння. Основні вихідні параметри розрахунків включають: швидкість руху води в міжтрубному просторі, втрати напору, кількість витків у змійовику, необхідну площу теплообміну, питому теплову потужність, режим течії, товщину ізоляційного шару, площу сонячних колекторів для поглинання тепла, а також об'єм.

Вихідні дані для розрахунку:

Потужність теплообмінника; температура води на вході в теплообмінник; температура води на виході з теплообмінника; температура

води на вході в змійовик; температура води на виході з змійовик; температура води в теплообміннику; нормативні питомі тепловтрати; температура повітря в приміщенні; діаметр труб в підігрівнику; товщина зовнішня стінка кожуха.

Математичний опис складається з таких рівнянь, що наведені нижче

Середня температура води в міжтрубному просторію.

$$t_2 = \frac{t'_2 + t''_2}{2}. \quad (3.5)$$

Середня температура води в змійовику

$$t_1 = \frac{t'_1 + t''_1}{2}. \quad (3.6)$$

Більша температурна різниця

$$\Delta t_B = t''_1 - t'_2. \quad (3.7)$$

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_M = t'_1 - t''_2. \quad (3.8)$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_B - \Delta t_M) / \ln \left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} \right). \quad (3.9)$$

Витрата грієної води

$$G_1 = Q_T / (Cp_1 \cdot (t'_1 - t''_1)). \quad (3.10)$$

Об'ємна витрата грійної води

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}. \quad (3.11)$$

Витрата води, що нагрівається

$$G_2 = Q_T / (Cp_2 \cdot (t''_2 - t'_2)). \quad (3.12)$$

Площа поперечного перерізу труби для проходження води

$$f_{\text{тр}} = 0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2. \quad (3.13)$$

Швидкість води в змійовику

$$w_1 = \frac{V_1}{f_{\text{тр}}}. \quad (3.14)$$

Число Рейнольдса для води

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_1}. \quad (3.15)$$

Поправковий коефіцієнт до критеріального рівняння теплообміну

$$\epsilon_{\text{зм}} = \frac{1 + 1,77 \cdot d_{\text{вн}}}{R}. \quad (3.16)$$

Критерій Нусельта для води

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr / Pr_{ст})^{0,25} \cdot \varepsilon_{зм} . \quad (3.17)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води до стінки труби води

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{BH}} . \quad (3.18)$$

Критерій Грасгофа

$$Gr_2 = \frac{g \cdot \Delta t \cdot d_{3H}^3 \cdot \beta}{\nu^2} . \quad (3.19)$$

Критерій Релея

$$Ra_2 = Gr \cdot Pr . \quad (3.20)$$

Критерій Нусельта для міжтрубного простору

$$Nu_2 = 0,5 \cdot Ra^{0,25} \cdot (Pr_2 / Pr_{ст})^{0,25} . \quad (3.21)$$

Коефіцієнт тепловіддачі до нагріваної води від стінки

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{3H}} . \quad (3.22)$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (3.23)$$

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t_{cp}. \quad (3.24)$$

Розрахункова температура внутрішньої стінки труби

$$t = t_2 + \frac{q}{\alpha_2}. \quad (3.25)$$

Необхідна площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}. \quad (3.26)$$

Довжина змійовика

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{zn}}. \quad (3.27)$$

Звідси, ми можемо визначити довжину кола змійовика

$$L = \pi \cdot D. \quad (3.28)$$

Кількість витків в змійовику

$$n_B = \frac{1}{L} . \quad (3.29)$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для води

$$\xi = 0,316 / \text{Re}_1^{0,25} . \quad (3.30)$$

Втрати напору на тертя

$$\Delta P_{\text{тр}} = \xi \cdot \pi \cdot D_3 \cdot n_B \cdot \rho_1 \cdot w_1^2 / (2 \cdot d) . \quad (3.31)$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = z_{\text{вх}} \cdot \xi_{\text{вх}} + z_{\text{вих}} \cdot \xi_{\text{вих}} + z_{\text{пов}} \cdot \xi_{\text{пов}} . \quad (3.32)$$

Втрати напору в місцевих опорах

$$\Delta P_{\text{м}} = \frac{\sum \xi \cdot \rho_1 \cdot w_1^2}{2} . \quad (3.33)$$

Втрати напору в змійовику

$$\Delta P_{\text{зм}} = \Delta P_{\text{т}} + \Delta P_{\text{м}} . \quad (3.34)$$

Швидкість води в між трубному просторі

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - L \cdot d_{\text{зоб}} \right)} . \quad (3.35)$$

Коефіцієнт термічного розширення середовища, для повітря

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{\text{пов}}} . \quad (3.36)$$

Критерій Грасгофа

$$\text{Gr} = \frac{g \cdot \Delta t \cdot l^{*3} \cdot \beta}{\nu^2} . \quad (3.37)$$

Критерій Релея

$$\text{Ra} = \text{Gr} \cdot \text{Pr} . \quad (3.38)$$

Критерій Нусельта

$$\text{Nu} = c \cdot \text{Ra}^n \cdot (\text{Pr} / \text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25} . \quad (3.39)$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{l} . \quad (3.40)$$

Температура на стінці теплоізоляції теплообмінника

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{пов}} + \frac{q}{\alpha} . \quad (3.41)$$

Товщина шару теплоізоляції

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \left(\frac{\Delta t}{q} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right). \quad (3.42)$$

Теплове навантаження

$$Q_H = V \cdot \rho \cdot C_p (t_{гв} - t_{хв}) \cdot n \cdot 10^{-6}. \quad (3.43)$$

Річний потік сумарної сонячної енергії на площину сонячного колектора

$$E_K = E \cdot R. \quad (3.44)$$

Розраховуємо площу А поверхні сонячного колектора

$$A = \frac{\theta \cdot Q_H}{E_K}. \quad (3.45)$$

Розрахунковий об'єм

$$V_{BA} = 0,07 \cdot A. \quad (3.46)$$

3.4 Аналіз отриманих результатів моделювання

Для аналізу отриманих даних було інтерпритовано графічні залежності в середовищі MS Excel.

На рисунку $Q_T = f(t_{гсз})$ (див.рис. 3.4) зображено, як змінюється теплова потужність теплообмінника залежно від середньої температури теплоносія в змієвику.

При зростанні середньої температури в змієвику, теплова потужність Q_T також зростає. Це пояснюється тим, що при вищій температурі теплоносії має

більший потенціал для тепловіддачі, а отже, ефективність теплообміну покращується.

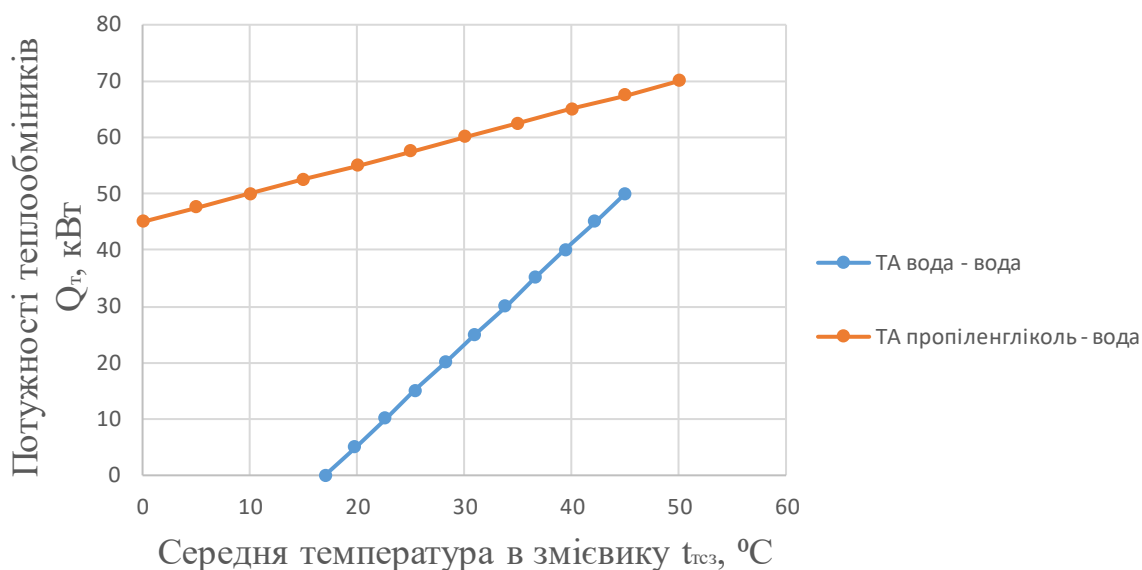


Рисунок 3.4 – Залежність потужності теплообмінника від середньої температури в змієвику.

Графік може бути лінійним або з ознаками насичення при дуже високих температурах.

На рисунку 3.5 показано, як змінюється теплова потужність теплообмінника залежно від кількості витків змієвика.

Загальна тенденція показує, що зі збільшенням кількості витків змієвика, теплова потужність зростає. Це пов'язано з тим, що збільшується площа теплообміну, а отже, зростає кількість тепла, яке може передаватися в одиницю часу.

Відповідно більше витків провокує збільшення довжини трубки та площі контакту між теплоносієм і середовищем, якому передається тепло.

На рисунку 3.5 продемонстрована залежність $Q_t = f(n_v)$ потужності теплообмінника від кількості витків

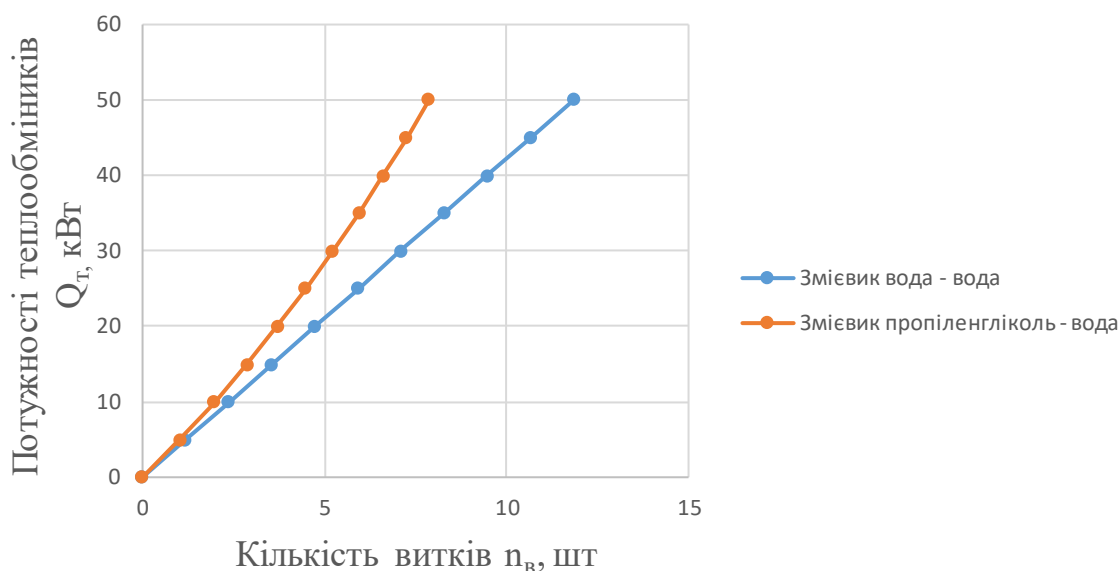


Рисунок 3.5 – Потужність в залежності від кількості витків змієвика

Спочатку графік більш схожий на лінію це говорить про постійне та поступове зростання потужності. Проте на певному етапі вона може сповільнюватися через зростання гідравлічного опору, неефективне використання останніх витків (через зменшення температурного градієнта), або просторові обмеження конструкції.

Рисунок 3.6 демонструє залежність між теплопродуктивністю теплообмінника і питомим тепловим потоку.

При зростанні напору відбувається підвищення температурного градієнта між теплоносієм і нагріваючим середовищем. Це забезпечує активніший теплообмін і, відповідно, зростання теплової потужності. Проте зі зменшенням температурної різниці між потоками ефективність передачі тепла знижується. Питомий тепловий потік пов'язаний з температурним перепадом між теплоносієм і середовищем. Чим вищий цей показник, тим інтенсивніший процес теплопередачі, отже — більша потужність теплообмінника.

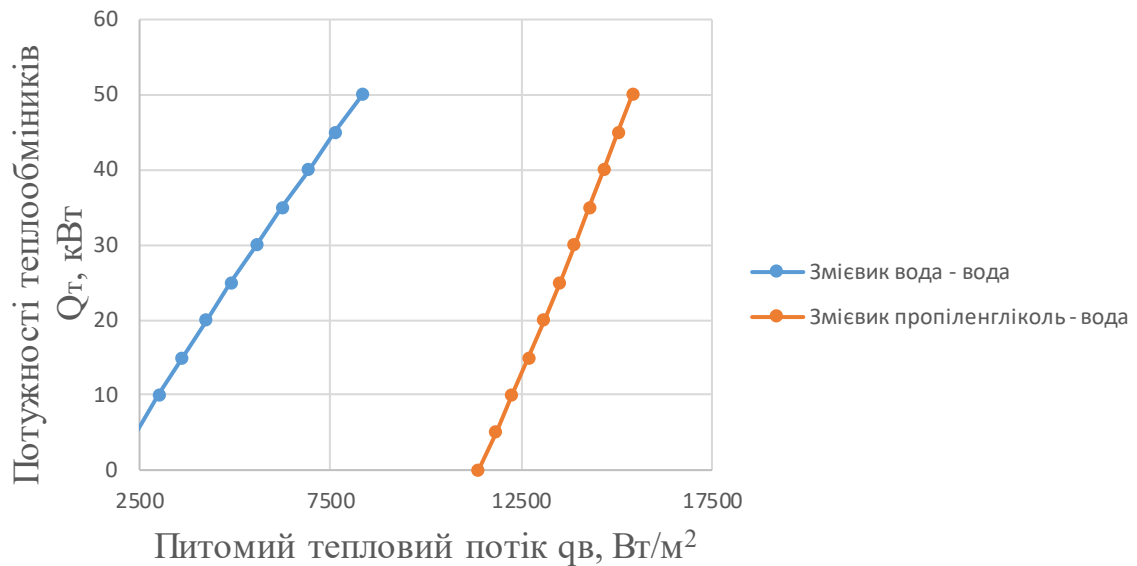


Рисунок 3.6 – Вплив питомого потоку на потужність теплообмінника

Контроль і підтримка оптимального температурного напору в системі дозволяє забезпечити стабільну й ефективну роботу теплообмінника.

Рисунок 3.7 демонструє зміну потужності теплообмінника

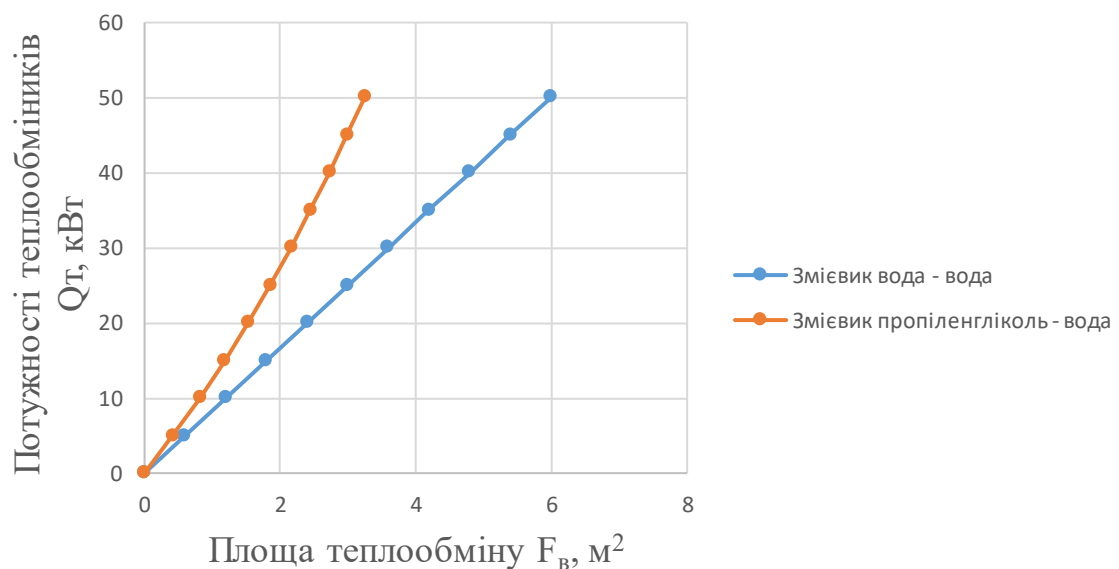


Рисунок 3.7 – Зміна потужності від площі теплообміну $Q_T = f(F_v)$

Чим більша площа теплообміну, тим більше тепла може передаватися в одиницю часу. Це один із ключових параметрів, який визначає продуктивність теплообмінного обладнання.

Залежність є лінійною, якщо залишаються сталими. За реальних умов крива може відхилятися від лінійності, якщо при збільшенні площі змінюється тепловий опір, турбулентність потоку або температурні градієнти.

Збільшення площі теплообміну — ефективний інженерний підхід для підвищення потужності системи, особливо коли обмежені можливості збільшення температурного перепаду або швидкості потоку.

На рисунку 3.8 показано, як змінюється необхідна площа сонячних колекторів залежно від потреб у гарячому водопостачанні (ГВП).

Сонячні колектори перетворюють сонячну енергію на теплову. Щоб забезпечити певний обсяг ГВП, потрібна відповідна площа колекторів, яка залежить від кліматичних умов, продуктивності колектора і потреб користувачів

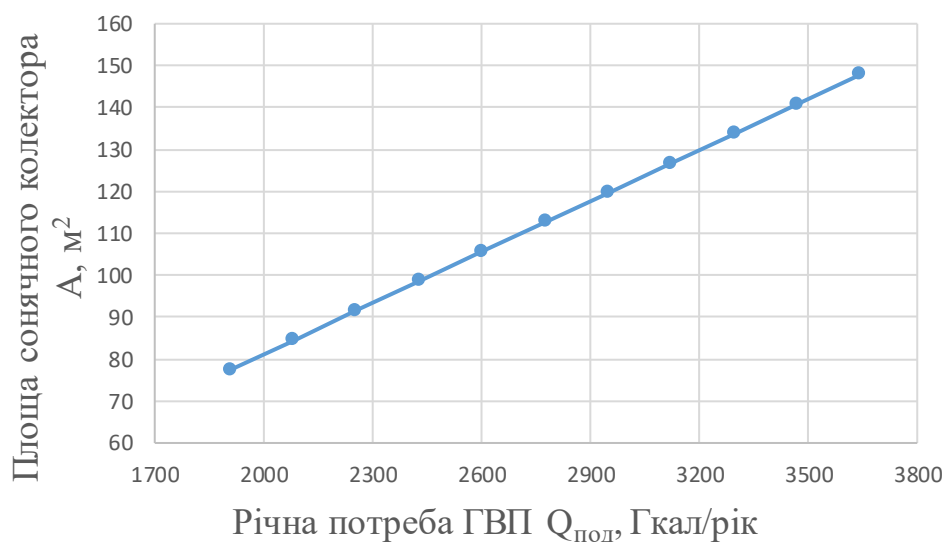


Рисунок 3.8 – Зміна площі сприйняття сонячними колекторами від потреб ГВП

Відповідно графіку зі зростанням потреб у ГВП збільшується і необхідна площа.

Розрахунок площі сонячних колекторів дозволяє ефективно під'єднати їх у систему гарячого водопостачання, зменшуючи споживання енергії від традиційних джерел.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЄМКІСНОГО ВОДОНАГРІВАЧА

4.1 Підбір діаметрів трубопроводів та насосів

Діаметри трубопроводів визначаємо для максимально можливого об'єму води, що проходить через ділянку, і допустимих втрат тиску в ділянках, здійснимо розрахунок для трубопровода від сонячного колектора тобто від насосної групи, та від споживачів, а також від котлів.

Витрату води $G_{\text{ГВП}} = 2,39$ (кг/с) відповідно формулі (1.4)

Визначивши витрату води знайдемо та підберемо відповідний діаметр трубопроводу

$$d_{\text{БК}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{ГВП}}}{\pi \cdot v}}, \quad (4.1)$$

$$d_{\text{БК}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,39}{3,14 \cdot 1 \cdot 983,2}} = 0,056,$$

де v – швидкість потоку, не більше 1 м/с.

Приймаємо із запасом 10 % діаметр трубопроводу-вводу $\varnothing 76 \times 3$.

Під дану потребу в подачі підберемо здвоєний насос з мокрим ротором Wilo TOP-SD 30/5 (1 ~ 230 В, PN 10)

Діаметр водопроводу від СК до бак – акумулятора та до споживачів за умови, що максимальна подача насосної станції становить 28 л/хв [25].

$$d_{\text{СК}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00046}{3,14 \cdot 1}} = 0,024.$$

Приймаємо із запасом 10 % діаметр трубопроводу $\varnothing 32 \times 3$.

Визначимо витрату води до споживача за (1.1)

$$G_{\text{сп}} = \frac{200}{4,19 \cdot (60 - 10)} = 0,95 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Визначимо діаметр трубопроводу за (1.2)

$$d_{\text{сп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,95}{3,14 \cdot 1 \cdot 993,8}} = 0,035,$$

Під дану потребу в подачі підберемо здвоєний насос з мокрим ротором Wilo TOP-Z 25/10 DM RG в кількості двох штук.

Приймаємо із запасом діаметр трубопроводу $\varnothing 48 \times 3$

Також для дренажа використаємо трубу діаметром $\varnothing 48 \times 3$.

4.2 Склад робіт

1. Доставка деталей до місць монтажу та їх складування.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів.
3. Монтаж водонагрівача Альтеп ТА2 3000 л.
4. Монтаж трубопроводу Dn 65.
5. Монтаж трубопроводів Dn 40 мм.
6. Монтаж трубопроводу Dn 25.
7. Монтаж запірної арматури Dn 65.
8. Монтаж запірної і регулювальної арматури Dn 40.
9. Монтаж запірної і регулювальної арматури Dn 25
10. Монтаж насоса Wilo- TOP-SD 30/5.
11. Монтаж насоса Wilo TOP-Z 25/10 DM RG.
12. Монтаж розширного бака ProTank PT 1000 VM, 1000 л.

13. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.
14. Гідравлічне випробування трубопроводів обв'язки.
15. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію.
16. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.3 Об'єми робіт

1. Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 2722,7 кг. Приймаємо об'єм $V=2,7227$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає $L = 126$ м. Приймаємо $V=1,26$.

3. Монтаж водонагрівача Альтеп ТА2 3000 л. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса двох встановлюваних пальників складає 1680 кг. Приймаємо об'єм $V=1,680$.

4. Монтаж трубопроводу Ду 65. Одиниці вимірювання в 100 м. Довжина трубопроводів Ду 65 складає $L=35,9$ м. Приймаємо $V=0,359$

5. Монтаж трубопроводів Ду 40 мм. Одиниці вимірювання в 100 м. Довжина трубопроводів Ду 40 мм складає $L=59,8$ м. Приймаємо $V=0,598$.

6. Монтаж трубопроводу Ду 25. Одиниці вимірювання в 100 м. Довжина трубопроводів Ду 25 складає $L=29,5$ м. Приймаємо $V=0,295$.

7. Монтаж запірної арматури Ду 65. Одиниці вимірювання в шт. Кількість – 14 шт. Приймаємо $V=14$.

8. Монтаж запірної і регулювальної арматури Ду 40. Одиниці вимірювання в шт. Кількість – 26 шт. Приймаємо $V = 26$.

9. Монтаж запірної і регулювальної арматури Ду 25. Одиниці вимірювання в шт. Кількість – 10 шт. Приймаємо $V=10$.

10. Монтаж насоса Wilo- TOP-SD 30/5. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса двох встановлюваних пальників складає 8,1 кг. Приймаємо об'єм $V=0,0081$.

11. Монтаж насоса Wilo TOP-Z 25/10 DM RG. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса двох встановлюваних пальників складає 14,7 кг. Приймаємо об'єм $V=0,0147$.

12. Монтаж розширного бака ProTank PT 1000 VM, 1000 л. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса двох встановлюваних пальників складає 142 кг. Приймаємо об'єм $V=0,142$.

13. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниці вимірювання – 1 шт. Кількість термометрів 3 шт., кількість манометрів 3 шт. Отже, об'єм робіт $V = 6$.

14. Гідравлічне випробування трубопроводів обв'язки. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина усіх трубопроводів 126 м. Об'єм робіт $V = 1,26$.

15. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Загальна довжина усіх трубопроводів 126 м. Отже, об'єм робіт $V = 126$.

16. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Маса обладнання, що застосовується для монтажу складає 682,1 кг. Приймаємо об'єм $V=0,6821$.

4.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.

До монтажних робіт входить монтаж ємкісних водонагрівачів, розширювального бака, трубопроводів з відповідною арматурою.

Проаналізувавши конструктивні особливостей об'єкту складено перелік основних та допоміжних виробів та матеріалів. Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Ємкісний водонагрівач Альтеп ТА2 3000 л	шт	4	420	1680
2	Розширний бачок ProTank PT 1000 VM, 1000 л	шт	1	142	142
3	Насос мережний Wilo- TOP-SD 30/5	шт	1	8,1	8,1
4	Насос рециркуляції ГБП Wilo TOP-Z 25/10 DM RG	шт	2	6,7	13,4
6	Фільтр грубої очистки Dn 76	шт	1	18,6	18,6
7	Фільтр грубої очистки Dn 40	шт	2	8,8	17,6
8	Кран кульовий фланцевий Dn 65	шт	10	16,5	165
9	Кран кульовий фланцевий Dn 40	шт	13	7,5	97,5
10	Кран кульовий фланцевий Dn 25	шт	8	6,25	50
11	Зворотний клапан Dn 65	шт	1	15,2	15,2
12	Зворотний клапан Dn 40	шт	2	1,2	2,4
13	Засувка шиберна Dn 65	шт	1	8	8
14	Засувка шиберна Dn 40	шт	2	9,5	19
15	Витратомір Dn 40	шт	1	0,5	0,5
16	Термометр	шт	3	0,22	0,66

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
17	Манометр	шт	3	0,41	1,23
18	Перехід сталевий концентричний Dn 65/50	шт	10	0,47	4,7
19	Запобіжний клапан Dn 40	шт	4	9	36
20	Труби сталеві безшовні ДСТУ 8938:2019, 76x3 мм	м	29,5	5,4	159,3
21	Труби сталеві безшовні ДСТУ 8938:2019, 48x3 мм	м	59,8	3,3	197,4
22	Труби сталеві безшовні ДСТУ 8938:2019, 32x3 мм	м	35,9	2,15	77,2
23	Хомут 1"(32-36) для труб М8/10 100 мм СТЛ	шт	15	0,08	1,2
24	Хомут 1 1/2" (47-51) для труб М8/10 100 мм СТЛ	шт	27	0,1	2,7
25	Хомут трубний «з гайкою» 75- 80мм (2 1/2")	шт	15	0,1	1,5
26				Σ	2722,7
Потреба в допоміжному обладнанні					
для монтажу ємкісного водонагрівача					
27	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	1,68	0,00468	7,8624
28	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1,68	0,00006	0,1008
29	Масло індустрієне И-20А	т	1,68	0,0001	0,168
30	Електроди, діаметр 4 мм, м. Э42	т	1,68	0,00074	1,2432

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
31	Оліфа натуральна	кг	1,68	0,03	0,0504
32	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1,68	0,17	0,2856
33	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1,68	0,00322	5,4096
34	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), діаметр 50 мм	шт	2	2,08	4,16
35	Вода	м ³	1,68	3,2	5376
36	Очіс льняний	т	1,68	0,00003	0,0504
37	Пароніт	т	1,68	0,00012	0,2016
Потреба в допоміжному обладнанні					
для монтажу розширювального баку					
38	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,142	0,00008	0,01136
39	Оліфа натуральна	кг	0,142	0,04	0,00568
40	Вода	м ³	0,142	1,26	178,92
41	Очіс льняний	т	0,142	0,00004	0,00568
Потреба в допоміжному обладнанні					
для монтажу насосів					
42	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00039	0,78
43	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,07	140
44	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00127	2,54
45	Розчин цементний, марка М50	м ³	2	0,14	280

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Потреба в допоміжному обладнанні					
для монтажу труб сталевих електрозварних Dn 65, Dn 40, Dn 25					
46	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,295 0,598 0,359	0,0046 0,00462	1,37 4,42
47	Вода	м³	0,295 0,598 0,359	3,52 11,67	1038 11168
48	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м³	0,295 0,598 0,359	0,008 0,017	2,36 16,27
49	Вапно хлорне, марка А	т	0,295 0,598 0,359	0,00001 0,00003	0,0096 0,0089
50	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,295 0,598 0,359	0,00011 0,00011	0,032 0,11
51	Оліфа натуральна	кг	0,295 0,598 0,359	0,05 0,05	0,048 0,015
52	Очіс льняний	т	0,295 0,598 0,359	0,00005 0,00005	0,048 0,015
Потреба в допоміжному обладнанні					
для монтажу витратоміра					
53	Оліфа натуральна	кг	1	0,01	0,01
54	Прядиво лляне	т	1	0,00001	0,00001

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
55	Сурик свинцевий	т	1	0,00002	0,00002
56	Кріплення	кг	1	2,8	2,8
Потреба в допоміжному обладнанні					
для ізоляції трубопроводів					
57	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7 мм х (20 мм – 50 мм)	т	0,295 0,598 0,359	0,011	3,245 6,578 3,949
58	Розчин азбоцементний	м ³	0,295 0,598 0,359	0,015	4,425 8,97 5,385
59	Пряжки	кг	0,295 0,598 0,359	0,09	0,0266 0,0538 0,0323
Потреба в допоміжному обладнанні					
для гідравлічного випробування					
60	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1,26	0,00005	0,063
61	Оліфа натуральна	кг	1,26	0,02	0,0252
62	Вода	м ³	1,26	1 3,8	1260 4788
63	Очіс льняний	т	1,26	0,00002	0,0252

Загальна маса основних матеріалів та обладнання – 2722,7 кг.

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на монтажу бак – акумулюючої системи, трубопроводів відповідно ізоляції та відповідної арматури, складає – 682,1 кг.

4.5 Підбір машин , механізмів, пристосувань для монтажних робіт

Бак – акумулятори, розширювальний бак, конструкції та обладнання привозять за допомогою авто Mercedes Sprinter 313 CDI в таблиці 4.2 наведені технічні характеристики автомобіля.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики «Mercedes Sprinter»

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	до 3500
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2300
Найбільша швидкість	км/год	160
Радіус повороту	м	6,4
Колія коліс:		
передні	мм	1800
задні	мм	1750
Витрата палива	л/100 км	9,5
Габарити:		
Довжина		6590
Ширина		1933
Висота		2570
Маса	кг	2125

Для зварювання використовується зварювальний газовий апарат струму KEYUE MIG-200. Його технічна характеристика:

витрата електроенергії 6,8 кВт, сила струму 20 – 200 А, маса – 9 кг.

Випробування трубопроводів на міцність та щільність здійснимо за рахунок повітря, за допомогою компресора Dnipro-M AC-100 VG , тахнічні характеристики наведені в таблиці в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні показники компресора Dnipro-M AC-100 VG

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм ресивера	л	100
Робочий тиск	бар	8
Продуктивність на вході	л/хв	400
Продуктивність на виході	л/хв	290
Кількість обертів	об/хв	1100
Розміри	мм	1160x450x810
Маса	кг	72

Для підйому вантажів використовується лебідка Тельфер (електрична лебідка) 220В РА 600/1200кг 20 метрів з блоком. Проте в об'єкті є балковий кран підйомною силою 6,3 тонни. Для потреб монтажу використовуємо лебідку Тельфер її характеристики наведені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики лебідки Тельфер 220В РА 600/1200кг 20 метрів з блоком

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Тягове зусилля в канаті	кН	11,77
Швидкість навивки каната	м/хв	10
Канатоемність	м	20
Потужність двигуна	кВт	1,8

Продовження таблиці 4.4

1	2	3
Габарити:		
Довжина	мм	550
Ширина	мм	310
Висота	мм	245
Маса	кг	33

Переміщення вантажу по території та в середині місця проведення робіт здійснює гідравлічний погрузчик ручний MAST 1.6. Його характеристики вказані в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Гідравлічний штабалер, погрузчик ручний MAST 1.6

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	1000
Довжина вил	мм	1150
Маса	кг	230

Таблиця 4.6 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк., шт.	Заг. маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній			
M17x19 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
M19x22 мм		6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Ключ важільний газовий Gross 15601		1	0,700
Всього:			14,05

Загальна маса допоміжного обладнання складає 349 кг.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В розділі охорони праці розглянуті заходи під час модернізації та обслуговування водогрійної котельні в селищі Ярмолинці потужністю 3 МВт.

Відповідно під час періоду експлуатації котла, на оперативно – налагоджувальний та обслуговуючий персонал впливають шкідливі виробничі фактори [33, 34]:

Фактори трудового процесу включають як фізичні, так і психоемоційні навантаження, які можуть впливати на стан здоров'я працівників.

Напруженість трудового процесу пов'язана переважно з розумовою діяльністю, сенсорною напругою, емоційною втомою, а також рутинністю завдань і особливостями робочого графіка.

Серед фізичних виробничих чинників важливу роль відіграє мікроклімат – температура повітря, його вологість, швидкість руху, а також інтенсивність інфрачервоного випромінювання.

До факторів освітлення належать недостатність природного світла, а також недоліки штучного освітлення – низький рівень освітленості, наявність засліплювальних бліків .

Хімічні фактори включають присутність у повітрі робочої зони шкідливих речовин, зокрема хімічних сполук у вигляді парів, газів або пилу. Особливо небезпечними є аерозолі фіброгенної дії

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Система електропостачання та освітлення живиться від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, траншейного закладання. Для живлення використовується трифазна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [36, 37], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. Наявності факторів шкідливого впливу, а саме підвищена

вологість, пил що проводить струм, також контакт оперативно – налагоджувального та обслуговуючого персоналу з провідними частинами в об'єктах та приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи, що проводяться під час роботи обладнання поділяються на три категорії щоб запобігти отриманню електротравм:

1. Технічні рішення для запобігання електротравм під час контакту.
2. Технічні рішення щодо запобігань електротравм при переході напруги на нормальну неструмопровідний елемент.
3. Електрозахисті засоби.

Для забезпечення відповідно безпечних умов праці прийнято наступні рішення:

Ізоляція мереж та струмопровідних елементів відповідно нормативів (1 кОм на 1 В) встановлення знаків попередження про високу напругу та діелектричних килимів.

Використання автоматичних систем вимкнення під час потрапляння персоналу в небезпечну зону чи відкриття ящика з струмопровідними елементами.

Використання систем пониження напруги (до 12 В) в стаціонарному режимі для освітлення.

Проведення мереж в середині об'єкта в закритих конструкціях, трубах, розведення проводиться в стінах, підлозі, стелі.

Обладнання, що використовує напругу більше 1000 В слід заземлити, для заземлення використовується металоконструкція, що має великий контур, а відповідно чудове заземлення, також використовується система захисного вимкнення рушійною силою для спрацювання є різке зниження опору ізоляції струмоведучих елементів, розбалансування навантаження між фазами, поява напруги на елементах, що не повинні проводити струм.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

В котельні є в наявності душова, вбиральня та диспетчерська, звідки оператор спостерігає за роботою котлів, котли знаходяться в приміщенні, так як в середні об'єкта знаходиться також твердопаливний котел, де подача палива здійснюється оператором фізично.

5.2.1 Мікроклімат

Для створення мікроклімату згідно до вимог потрібно забезпечити відповідну температуру, швидкість повітряних мас та відносну вологість повітря. Ці параметри потрібно підтримувати протягом певного періоду та залежно від пори року та категорії робіт працівників. В таблиці 5.1 наведені нормативні параметри мікроклімату.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри, категорія робіт IIa

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

Для створення нормативних умов згідно проєкту встановлено система рекуперації повітря, що забезпечує притік свіжого очищеного повітря в робочій зоні, в зоні котлів встановлена вентиляція та можливість провітрювати приміщення.

Згідно h – d діаграми для зниження відносної вологості потрібно збільшити температуру в приміщенні, для регуляції температури використовується автоматизована система опалення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Гранично допустима норма концентрацій забруднення повітря регламентується нормативом [38].

Неочищене повітря провокують захворювання легенів та іншого, для забезпечення працівників свіжим та безпечним повітрям слід дотримуватись нормативних параметрів забрудненого повітря в робочій зоні. Згідно таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для того аби забезпечити допустимий склад повітря потрібно щоденно прибирати робоче місце, очищувати поверхні забруднені пилом, також здійснювати провітрювання робочої зони.

5.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення відіграє важливу роль в забезпеченні належних вимог праці на підприємстві, через недостатнє освітлення, підвищується стомлюваність очей, розсіюється увага та знижується продуктивність праці, відповідно перерахованим ефектам підвищується ризик нещасного випадку.

Тому прийнято рішення про створення мінімального освітлення на найтемнішій ділянці, відповідно для забезпечення видимості рівень аварійного освітлення становить 15 %. В денний проміжок часу освітлення природнє, а в нічний штучне.

Тому відповідно до ДБН В.2.5- 28-2018 [39] який регламентує вимоги до освітлення приміщень, відповідні дані наведені в таблиці 5.3

Для того аби забезпечити освітлення відповідно до вимог слід систематично очищувати жалюзі, світильники, скло на вікнах та лампи від пилу.

Якщо в приміщенні не вистачає природнього освітлення варто використовувати ЛЕД або світлодіодні лампи, що встановлюють на висоті 4,5 метрів.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підряд 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	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

Під час робіт та експлуатації котельні здійснюється контроль напруги освітлювальних пристроїв для заміни ламп, що вийшли з ладу.

5.2.4 Виробничий шум

Виробничий шум негативно впливає на організм людини, а саме порушує функції шлунку, впливає на нервову систему, також на слух. Тому слід забезпечити допустимі норми шуму під час експлуатації устаткування, передбачається індивідуальний акустичний, також організаційно – технічний та архітектурно – планувальний захист.

Мінімальний поріг сприйняття звуку визначено частоту сприйняття людським вухом вона становить 1000 Гц. Документ, що містить відповідні вимоги рівню шуму для різних категорій робочих місць службових

приміщень, є ДБН В .1.1-31:2013 [40]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в 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

Залежно від кількості працівників засоби боротьби поділяються на індивідуальні та колективні види захисту відповідно до вимог, які нормуються ДСТУ EN 352-1:2018 [41].

Для того аби знизити рівень шуму в приміщенні слід:

Використовувати звукопоглинаючі матеріали, що кріпляться на стіни та під і на об'єкт підвищеного шуму утворюючи так званий бокс.

Для зниження вентиляційного шуму слід застосовувати мало шумові вентилятори

5.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація в котельні є характерним явищем, що супроводжує роботу більшості механізмів і установок, зокрема насосів, вентиляторів, компресорів та іншого обертового обладнання. У процесі експлуатації вона може бути викликана зносом підшипників, дисбалансом ротуючих частин, розбалансуванням лопатей, а також ослабленням кріплень чи порушенням геометрії фундаментів. Навіть незначні вібрації, якщо їх не контролювати, з часом здатні призвести до серйозних наслідків — поступового руйнування обладнання, тріщин у трубопроводах, розгерметизації фланцевих з'єднань та передчасного виходу з ладу елементів системи. Крім технічних ризиків, вібрація негативно впливає на умови праці персоналу, викликаючи фізичну

втому, подразнення та зниження загальної ефективності обслуговування обладнання для контролю виділено параметри вібрації, а саме середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, нормативні та корекційні частоти на категорії санітарних норм наведені в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні швидкості та прискорення.

Категорія вібрації	Вектор дії	Нормативні значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Важливо вчасно виявляти зміни її рівня та частот, оскільки це дозволяє на ранньому етапі виявити приховані несправності.

Для зменшення шкідливого впливу вібрації застосовують антивібраційні опори, пружні прокладки, а також балансування рухомих частин. У складних випадках використовуються системи автоматичного контролю за вібростаном обладнання. Крім того, необхідно дотримуватись регламенту технічного обслуговування, перевіряти стан кріплень, елементів кривошипно – шатунного механізму та амортизаторів.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека є критично важливою складовою безпечної експлуатації котельні, яка відноситься до об'єктів з підвищеною пожежною та вибух небезпекою. Враховуючи особливості технологічного процесу), у котельні створюються умови, за яких навіть незначне порушення правил експлуатації може призвести до пожежі або вибуху.

З огляду на це, проектування, експлуатація та обслуговування котельного обладнання повинні здійснюватися з дотриманням жорстких вимог нормативно-технічних документів, зокрема ДБН В.1.2-7:2008, ДСТУ 8828:2019, НАПБ А.01.001-14 та інших чинних актів.

Одним з основних напрямів забезпечення пожежної безпеки є виключення можливості виникнення загоряння. Для цього при проектуванні котельні передбачаються вибухозахищені електроустановки, що відповідають вимогам експлуатації у вибухонебезпечному середовищі.

Всі з'єднання трубопроводів, зокрема газових, проходять герметичну перевірку перед введенням в експлуатацію та періодично — під час планових техоглядів.

Додатково встановлюються датчики тиску, температури й витоку газу з можливістю автоматичного відключення подачі пального у разі аварійної ситуації.

Для забезпечення раннього виявлення займання у приміщенні котельні впроваджено автоматичну пожежну сигналізацію, що включає теплові та димові сповіщувачі.

Оскільки у котельні можливе займання газу, пального, а також електричних приладів, застосовуються вогнегасники вуглекислотного та порошкового типів

Вуглекислотні вогнегасники ефективно гасять полум'я без ризику пошкодження електрообладнання, а порошкові дозволяють швидко локалізувати займання палива в таблиці 5.6 наведені характеристики потрібної

кількості вогнегасників згідно наказу МНС України 02.04. 2004 № 151 [48].

Таблиця 5.6 – Підбір потрібної кількості вогнегасників.

№ з/п	Гранична захисна площа, м²	Клас можливої пожежі	Мінімальна кількість порошкових вогнегасників								
			Переносний вогнегасник (з газом витискувачем у балоні або закачний) із зарядом вогнегасної речовини, кг					Пересувний вогнегасник (з газом-витискувачем у балоні або закачний) із зарядом вогнегасної речовини, кг			
			5	6	8	9	12	20	50	100	150
Приміщення категорій А, Б, а також В з наявністю горючих газів і рідин											
1	до 25 включно	А, В, С, (Е)	2	2	1	1	1	—	—	—	—
2	більше 25 до 50 включно	А, В, С, (Е)	3	3	2	2	2	—	—	—	—
3	більше 50 до 150 включно	А, В, С, (Е)	4	4	3	3	2	1	—	—	—
4	більше 150 до 250 включно	А, В, С, (Е)	6	6	4	4	3	2	1	—	—
5	більше 250 до 500 включно	А, В, С, (Е)	8	8	6	6	4	3	2	1	—
6	більше 500 до 1000 включно	А, В, С, (Е)	16	16	12	12	8	4	3	2	1

У приміщенні також розміщуються ящики з сухим піском, протипожежні покривала, щити з ручним пожежним інструментом (багор,

сокира, лопата). Усе обладнання розміщується відповідно до затвердженого плану евакуації та пожежогасіння, має відповідне маркування, вільний доступ та регулярну перевірку придатності.

Окрему увагу приділено системі оповіщення й евакуації: передбачено світлові табло «ВИХІД», сигнальне освітлення та резервне живлення для забезпечення роботи систем навіть у разі відключення електроенергії.

З метою унеможливлення поширення вогню між різними приміщеннями об'єкта передбачено вогнестійкі перегородки, двері з межею вогнестійкості не менше EI 30, герметизацію проходів інженерних комунікацій, а також вогнезахисну обробку несучих конструкцій. Усі будівельні елементи виконані з матеріалів, що мають групу горючості не нижче Г1 та клас димоутворювальної здатності Д1.

Періодично на об'єкті проводяться протипожежні інструктажі, навчання персоналу діям у разі виникнення пожежі, а також тренування з евакуації. Відповідальні особи за пожежну безпеку призначаються наказом керівника та проходять спеціальне навчання у ліцензованих установах. Усі дії фіксуються в журналі пожежної безпеки, який ведеться відповідно до вимог нормативної документації.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблені заходи модернізації водогрійної котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці.

Складено балансові рівняння та проведено розрахунок існуючої теплової схеми для максимально – опалювального режиму. Визначено, що витрата мережної води на опалення становить 23,87 кг/с, а потреби на вентиляції 3,58 кг/с, а витрата котлової води на ГВП 2,39 кг/с, також встановлено, що за температурного графіка 85/65 °C потужність котельні складає 2523,22 кВт.

Було проведено розрахунок принципової теплової схеми та підібрано котли марки Колві потужністю 1,5 МВт, які забезпечують надходження теплової енергії до споживачів.

Здійснено багатоваріантний аналіз та техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти.

Для потреб ГВП розглянуто 6 варіантів, а саме сонячні колектори з ємкісним водонагрівачем, котел на природному газі, твердопаливний котел на дровах та деревних гранулах, електрокотел та тепловий насос.

Визначено собівартість теплоти сонячних колекторів вона становить 859,7 грн/ГДж, природний 2040,2 грн/ГДж, дрова 1637,1 грн/ГДж., деревні гранули 1229,5 грн/ГДж., електрокотел 3670,6 грн/ГДж., повітряний тепловий насос 1958,9 грн/ГДж.

Раціонально ефективно використовувати комбіновану схему газовий котел – сонячний колектор з ємкісним водонагрівачем.

За допомогою програми розробленої на кафедрі Теплоенергетики було проаналізовано вплив навантаження котла на його показники з врахуванням конструктивних особливостей топки.

Виконано математичне моделювання ємкісного водонагрівача на різних потужностях. Математична модель здійснює тепловий, гідравлічний розрахунок та прораховує товщину ізоляції, а також підбір площі та об'єм бак

– акумулятора в залежності від кількості споживачів В було розраховано ємнісний змієвиковий теплообмінник для підігріву води потужністю 50 кВт, причому нагрівана вода нагрівається від 10°C до 60°C, а грійна вода охолоджується від 70°C до 50°C.

В тепловому розрахунку було визначено необхідну площу поверхні нагріву теплообмінника, що працює від котлів, а теплоносієм є вода, площа склала 2,41 м². Для встановлення обрано змієвик з сталеві труби діаметром 32/38 мм. Необхідна довжина змієвика склала 20,22 м. З врахуванням діаметра змієвика 0,8 м отримано, що необхідно 8 витків змієвика.

Теплообмінник, де гріючий теплоносій є пропіленгліколь необхідна площа для ефективного теплообміну становить 5,02 м², довжина кола змієвика 3,77 м, відповідна кількість складає 12 витків.

В гідравлічному розрахунку визначено витрати тиску обох теплоносіїв в теплообміннику. Виявлено, що втрати тиску грійної води, що рухається в змієвику склали 1022 Па, а втратами тиску нагріваної води, що рухається в об'ємі баку, можна знехтувати.

При розрахунку товщини теплоізоляції теплообмінника визначено, що необхідна товщина шару ізоляції складає 63 мм, при цьому тепловтрати через стінку теплообмінника не перевищують нормативні питомі тепловтрати 23 Вт/м².

Також за допомогою математичної моделі було встановлено необхідну площу сонячних колекторів, яка дорівнює 148 м² відповідно об'єм баків складає 10,35 м³, тому для потреб вирішено встановлювати 4 баки по 50 кВт.

Результатом математичного моделювання є графічні залежності, які були проаналізовані в роботі.

Розроблено технологію монтажу ємнісного водонагрівача та допоміжного устаткування. Було розроблена аксонометрична схема монтажу ємнісних водонагрівачів Альтеп ТА2 об'ємом 3000 літрів, яка дозволяє ефективно накопичувати гарячу воду для забезпечення безперебійного водопостачання Також здійснено підбір трубопроводів виходячи із витрати

води, вони наступних діаметрів Dn 65, Dn 40, Dn 25. Було підібрано основне обладнання, а саме:

- розширювальний бачок ProTank PT 1000 VM (1000 л),
- мережевий насос Wilo TOP-SD 30/5 ,
- насос рециркуляції ГБП Wilo TOP-Z 25/10 DM RG .

Описана документація необхідна для монтажу. Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в вантажному авто – Mercedes Sprinter, механізмах та в матеріальних ресурсах.

Встановлено, що загальна маса основних матеріалів та обладнання складає 2722,7 кг, а загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 682,1 кг. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Його маса дорівнює 349 кг. Для полегшення монтажу підібрана лебідка з електроприводом Dragon Winch 3500 DWP. Для доставки деталей по котельні від складу до місця установки візок гідравлічний штабер ручний Mast 1,6, вантажопід'ємність якого до 2000 кг. Підібрано зварювальний апарат змінного струму Dnipro-M AC-100 VG для зварювання деталей, фланців, запірної арматури. Для випробування трубопроводів на міцність та щільність було підібрано компресор Metabo Basic 250-24 W.

В розділ охорони праці розглянуто питання з безпечної експлуатації об'єкту, технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Степанов Д.В., Мартиненко В.В. «Дослідження показників котла колві-1500 на різних навантаженнях» // Матеріали «Міжнародна науково – технічна конференція Енергоефективність в галузях економіки України 2023» Вінниця, 2023. [Електроний ресурс]. URL: <https://surl.lu/pobumf>. (дата зверення 29.05.2025).
2. Степанов Д.В., Мартиненко В.В., Вудвуд О.С. «Ефективність різних джерел енергії для підготовки гарячої води» // Матеріали «LII Науково – технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025)» Вінниця, 2025. [Електроний ресурс]. URL: <https://surli.cc/lwwcnx>. (дата зверення 29.05.2025).
3. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2016. 185 с.
4. Бойко В.О., Поржезінський Ю.Г. Водопідготовка в промислових котельнях. Навчально – методичний посібник. Київ: 2015. 52 с.
5. Ткаченко С.Й., Чепурний М.М., Степанов Д.В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 131 с.
6. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.
7. ДСТУ Б А.2.4-4: 2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації. URL: <https://surl.li/tfgszh> (дата звернення:19.05.2025 р.).
8. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Навчальний посібник. Вінниця:ВНТУ, 2009. 135 с.
9. Чепурний М.М., Степанов Д.В., Корженко Є.С. Теплові розрахунки парогенераторів. Навчальний посіб. Вінниця: ВНТУ, 2006. 155 с.
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Джерела тепlopостачання промислових підприємств” для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 144

«Теплоенергетика». Уклад. Д. В. Степанов, Вінниця : ВНТУ, 2019. – 35 с.

11. Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Резидент Н. В., Ткаченко С. Й., Чепурний М. М. [Вид. 2-е, перероб. і доп.]. Вінниця : ВНТУ, 2023. 142 с.

12. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андрєєв, М. Ю. Бабак, О. В. Сенецький Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 454 с.

13. Тарифи на природний газ для непобутових споживачів з 1.06.2025. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/ib> (дата звернення 06.06.2025).

14. Тарифи на електроенергію для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/>. (дата звернення 06.06.2025).

15. Бабенко О. В., Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Моделювання комплексної дії заходів з термомодернізації будівлі з урахуванням інвестиційних обмежень. Вісник Хмельницького національного університету. серія «Економічні науки». 2023. № 1 (314). С. 85-88.

16. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. 2017. № 1. С. 118-122.

17. ДБН В2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація частина І. Проектування. [Чинний з 01.03.2013], Київ: Мінрегіон України, 122 с.

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

19. Операційний менеджмент : навчальний посібник [Електронний ресурс] О. Г. Ратушняк, О. Г. Лялюк. [Видання 2-ге, доповнене і перероблене]. Вінниця : ВНТУ, 2025. (PDF, 235 с.)

20. Степанова Н. Д., Пилипенко Т. І. Економічний та екологічний аспекти теплопостачання на базі геліоустановок. Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки". 2013. - № 5. С. 65-68.

21. Чепурний М.М., Степанова Н.Д. Системи виробництва і розподілу енергоносіїв промислових підприємств: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 159 с.
22. Чепурний М. М., Резидент Н. В. Тепломасообмін в прикладах і задачах: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2011. 116 с.
23. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й.. Розрахунки тепломасообмінних апаратів: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2006. 129 с.
24. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичні методи і моделі» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Уклад. Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова. Вінниця : ВНТУ, 2016. 44 с
25. Циркуляційна установка для сонячних систем Solar із насосом UPM3 15-75 Caleffi 30. URL: <https://surl.li/huimpa> (дата звернення 06.06.2025).
26. Сайт циркуляційних насосів IN-LINE. URL: <http://surl.li/ypenmq> (дата звернення 17.04.2025).
27. Баки – акумулятори URL: <https://kotly.org.ua/uk/bak-akkumuljator-ua.html> (дата звернення 15.04.2025).
28. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 21.05.2025).
29. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 406 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/503fe171-e113-488b-8d73-9fcce5e9de05.pdf> (дата звернення: 06.04.2024).
30. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіо України, 2021. 85 с. URL: <https://e->

[construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/4d976ef6-1cd6-4c4c-ada6-a5ca8f1999d4.pdf](https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/4d976ef6-1cd6-4c4c-ada6-a5ca8f1999d4.pdf) (дата звернення: 08.04.2025).

31. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 17. Водопровід і каналізація – внутрішнє обладнання. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 18 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/6d6c6363-7a1a-407b-b099-02afa3d2a97e.pdf> (дата звернення: 07.04.2024).

32. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 18. Опалення – внутрішнє обладнання. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 56 с. URL: <https://surl.lu/uhwdoc> (дата звернення: 09.05.2024).

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

34. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://surl.lu/cttupa> (дата звернення 26.05.2025).

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

36. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://surl.li/vjcmje> (дата звернення 02.06.2024).

37. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <https://surl.lu/lkthfc> (дата звернення 02.05.2025).

38. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мін- регіонбуд України, 2013. 149 с.

39. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: <https://surl.li/isufm> (дата звернення 09.04.2025).

40. ДБН В .1.1-31:2013 Захист територій і споруд від шуму . URL: https://www.acoustic.ua/img/pdfs/pdf_file_131.pdf (дата звернення 24.05.2025)
41. ДСТУ EN 352-1:2018 Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні вимоги. Частина 1. Навушники протишумові (EN 352 –1:2002, IDT) URL: <https://surl.lu/sbalyc>. (дата звернення 24.05.2025).
42. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ : МВС України, 2014. 47 с.
43. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>. (дата звернення 01.06.2025).
44. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номеклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://surl.cc/fqooqk>. (дата звернення 21.05.2024).
45. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: <https://surl.li/plbqss>. (дата звернення 22.05.2025).
46. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf. (дата звернення 17.05.2025).
47. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>. (дата звернення 19.05.2025).
48. Наказ МНС України 02.04. 2004 № 151. URL: <https://surl.li/zqbszc>
Дата звернення (24.05.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі
Ярмолинці

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)
Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра ТЕ, група ТЕ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 19 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Степанов Д.В., зав. кафедри ТЕ
(прізвище, ініціали, посада)

Резидент Н.В., доцент кафедри ТЕ
(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Степанов Д.В.
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

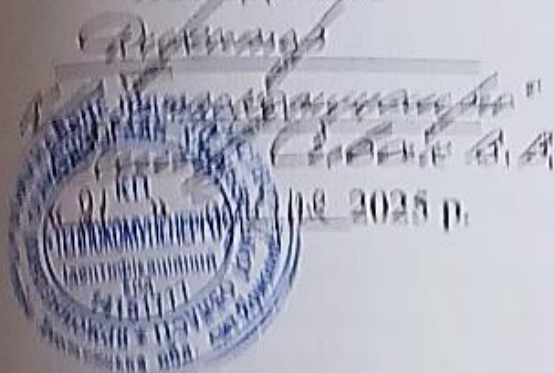
Мартиненко В.В.
(прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та Економічний розділ. Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.

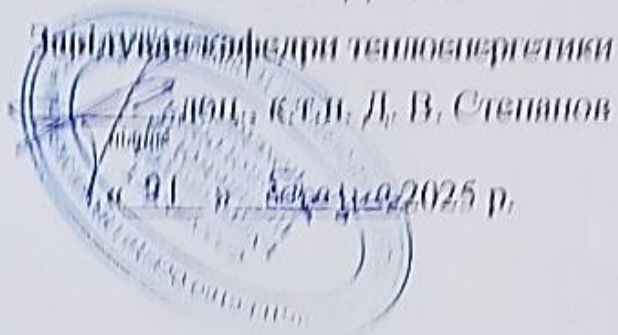
Зав. кафедри Д.В. Степанов

ДОДАТОК В (обов'язковий)
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ПОГОДЖЕНО



ЗАТВЕРДЖУЮ



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу

«Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці»

08-15.БІСР.002.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТЕ

Степанов Д.В.

Виконавець: Студент гр. ТЕ – 216

Мартиненко В.В.

Вінниця – 2025 рік

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і модернізації водогрійної котельні, яка дозволить підвищити її економічність, енергетичну ефективність.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БКР № 97 від «20» березня 2025 року.

3 Мета і призначення розробки

Підвищення енергетичної та екологічної ефективності котельні шляхом встановлення сонячних колекторів та системи акумулювання теплоти для підготовки гарячого водопостачання.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврський кваліфікаційний проєкт, дані літературних джерел, інтернет джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування сонячних колекторів.

1. Відрновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відрновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с

2. Степанов Д.В., Мартиненко В.В., Вудвуд О.С. «Ефективність різних джерел енергії для підготовки гарячої води» // Матеріали «LII Науково – технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025)» Вінниця, 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://surli.cc/lwwcnx>. (дата зверення 29.05.2025).

3. Відрновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.). – К.: Інтерсервіс, 2021.– 1104 с

5 Технічні вимоги

5.1 Технічні характеристики

- теплова потужність системи опалення 2000 кВт
- теплова потужність гарячого водопостачання 200 кВт
- температурний графік роботи котельні 75/55 °С
- температура води для потреб ГВП 60 °С
- види палива:
- природний газ, наявна теплота 34 МДж/м³;
- дрова, наявна теплота 12 МДж/кг.
- деревні гранули, наявна теплота 17 МДж/кг.

5.2 Вимоги до стандартизації та уніфікації.

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

5.3 Вимоги з надійності.

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

6 Економічні вимоги

Створення системи підготовки гарячого водопостачання повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення котельні на відновлювальні джерела теплоти, визначити собівартість джерел теплоти.

7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва етапів	Термін виконання етапів
1	Аналіз та розрахунок принципової теплової схеми водогрійної котельні та її елементів	21.03.2025...1.04.2025
2	Багатоваріантний аналіз та техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти	02.04.2025...12.04.2025
3	Теплове навантаження котла та математичне моделювання ємкісного водонагрівача потужністю 50 кВт	13.04.2025...27.04.2025
4	Технологія монтажу ємкісного водонагрівача	28.04.2025...11.05.2025
5	Охорона праці	12.05.2025...27.05.2025
6	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	28.05.2025...08.06.2025
7	Захист БКП	12.06.2025...21.06.2025

8 Порядок контролю і приймання

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БКР контролюється керівником БКП згідно з графіком виконання. Приймання БКР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ ПОТУЖНІСТЮ 3 МВт В СЕЛИЩІ
ЯРМОЛИНЦІ**

Виконавець: Студент гр. ТЕ – 216

_____ Мартиненко В.В

Керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТЕ

_____ Степанов Д.В.

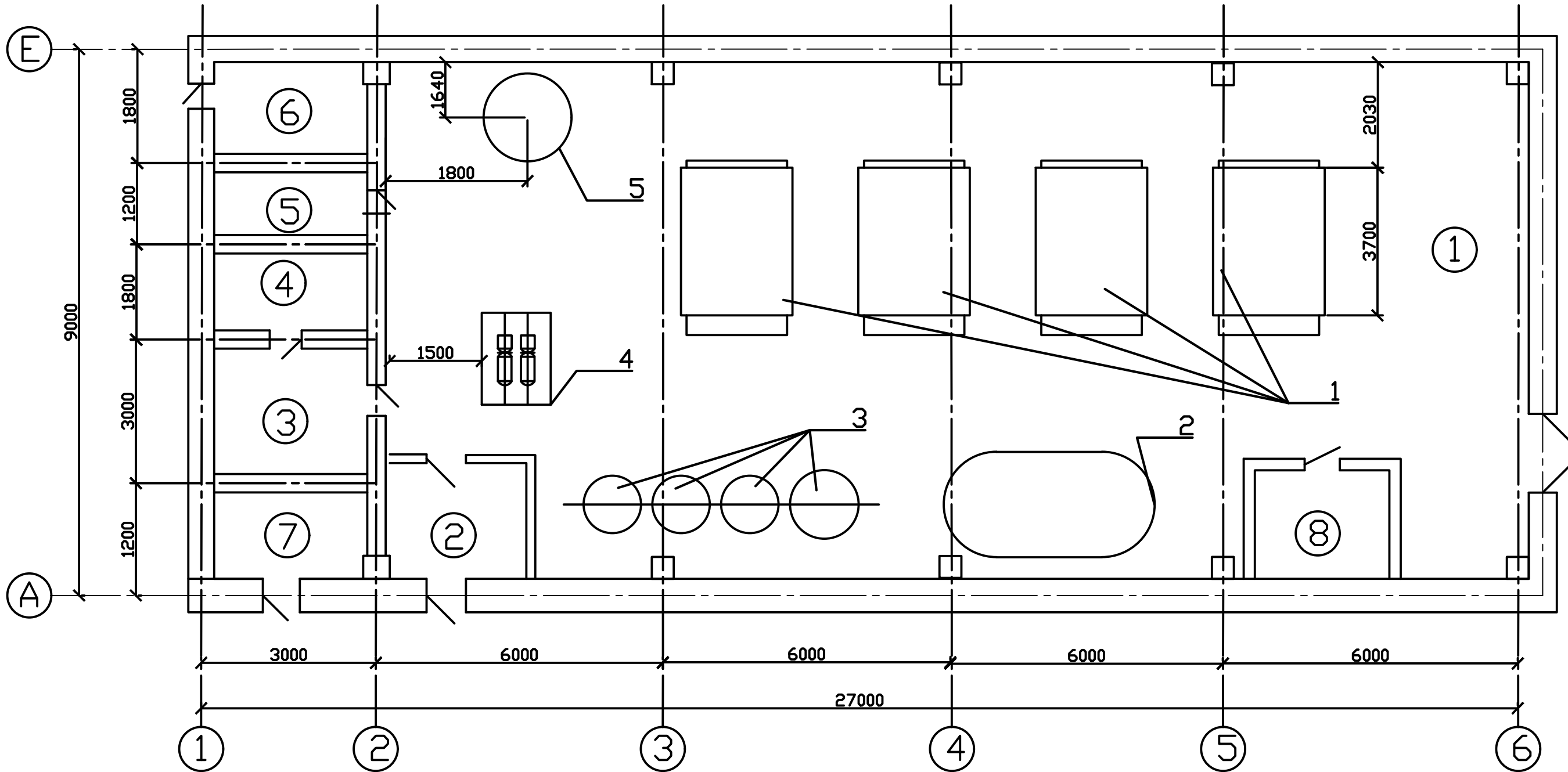
Перв. застос.	Довід. №	Поз.	Найменування					Кільк.	Прим.	
			Обладнання							
		1	Котел Колві 1500 кВт					4	шт	
		2	Грязьовик					2	шт	
		3	Розширювальний бак					1	шт	
		4	Баки запасу води					1	шт	
		5	Фільтр ХВО					4	шт	
		6	Зливний колодязь					1	шт	
		7	Хімводоочистка					1	шт	
Підп. і дата	Інв. № будл	На зам. інв. №	Підп. і дата							
Інв. № орг.	Зм.		Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-15.БКР.002.01.00.000			
	Розробив		Мартиненко В.В.				Принципова теплова схема			
	Перевірів		Степанов Д.В.							
	Рецензент		Андрухов В.М.							
	Н.контр.		Боднар Л.А.							
	Затвердив		Степанов Д.В.							
Лім.		Арк.		Аркушів						
ВНТУ, ТЕ-218										

Формат А3

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Мартиненко В.В		
Перевірів		Степанов Д.В		
Т. контр				
Рецензент		Андрухов В.М		
Н. контр		Боднар Л.А.		
Затвердив		Степанов Д.В		

Перв. застос.		Поз.	Найменування				Кільк.	Прим.					
			Обладнання										
		1	Котел Колві 1500 кВт				4	шт					
		2	Хімводоочистка				1	шт					
		3	Насосна група				1	шт					
		4	Розширювальний бак				1	шт					
Довід. №		5	Фільтри ХВО				4	шт					
Підп. і дата													
Інв. № будл													
На зам. інв. №													
Підп. і дата													
Інв. № орг.		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-15.БКР.002.02.00.000						
		Розробив	Мартиненко В.В.				План існуючої котельні на відмітці 0.000				Лім.	Арк.	Аркушів
		Перевірив	Степанов Д.В.										
		Рецензент	Андрухов В.М.										
		Н.контр.	Боднар Л.А.										
		Затвердив	Степанов Д.В.										
ВНТУ, гр ТЕ-218													

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

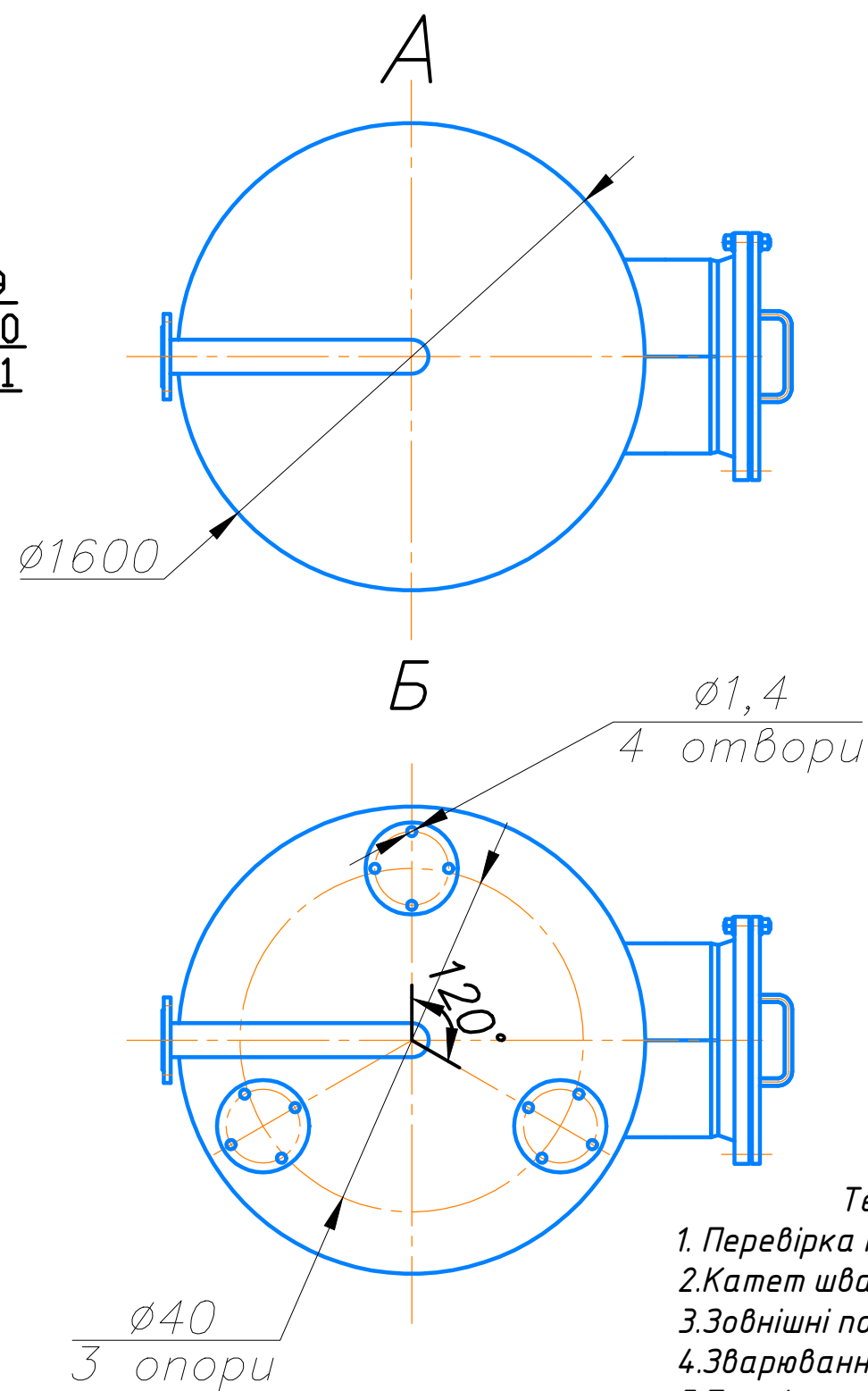
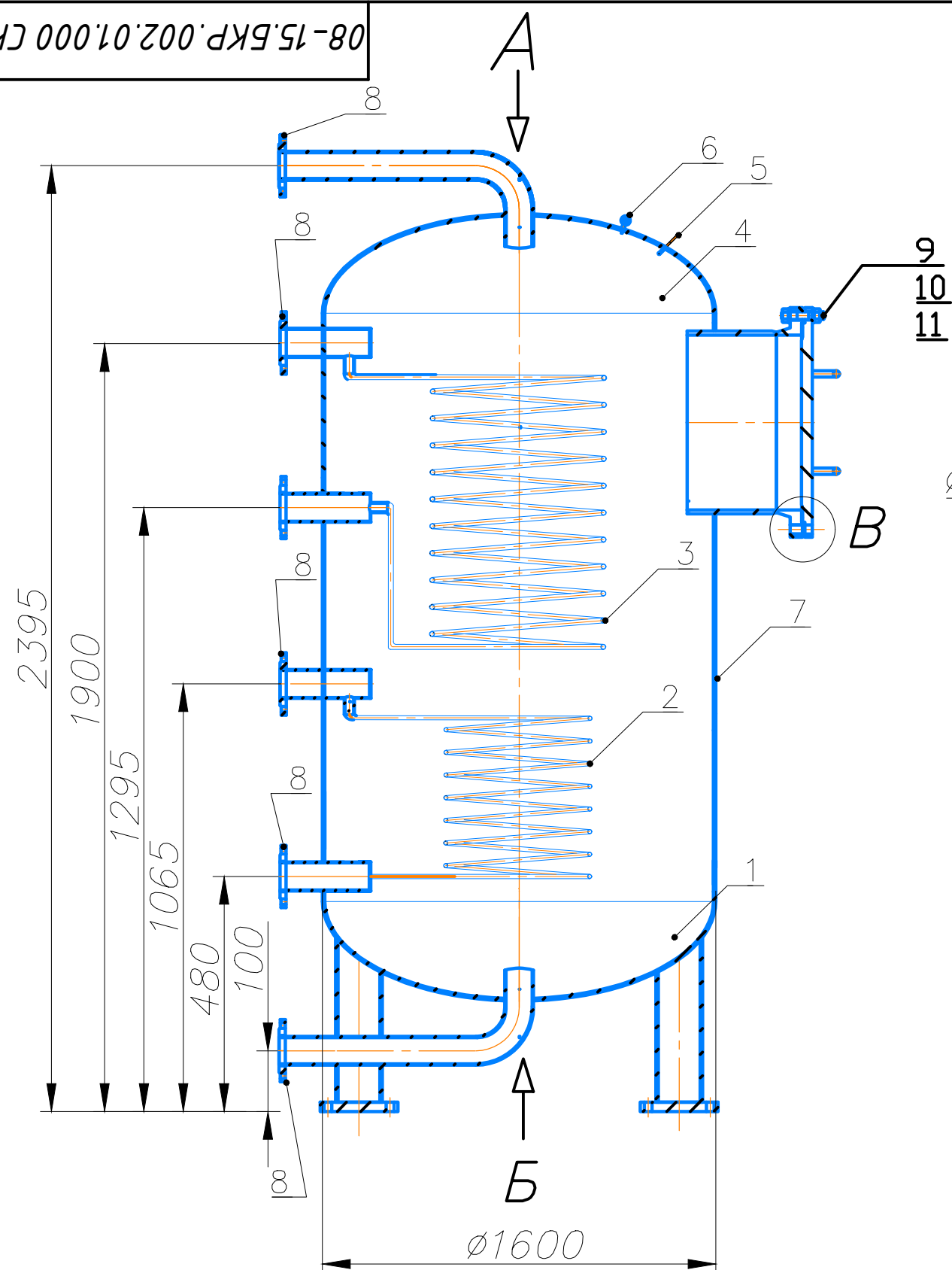


Експлікація приміщень

№	Призначення	Площа кв.м.	Кат. прим.
1	Котельний зал	179,6	
2	Диспетчерська	8	
3	Гардероб	7,84	
4	Душова	4,48	
5	Туалет	2,8	
6	ГРП	4,48	
7	Електрощитова	2,8	
8	Кімната відпочинку	6	

						08-15.БКР.002.02.00.000 АР			
						смт. Ярмолинці			
Зм.	Кільк.	Арк	№ док.	Підпис.	Дата	Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці	Стадія	Аркуш	Аркушів
Разробив.	Мартиненко В.В.							1	1
Перевірів	Степанов Д.В.								
Т. контр									
Рецензент	Андрухов В.М.					План існуючої котельні на відмітці 0.000	ВНТУ, ТЕ-218		
Н. контр.	Боднар Л.А.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

08-15.BKP.002.01.000 CK



Технічні вимоги:

1. Перевірка на герметичність
2. Катет шва визначити за меншою товщиною
3. Зовнішні поверхні зачистити
4. Зварювання виконувати згідно ГОСТ 14806-80
5. Протікання теплоносія недопустимо

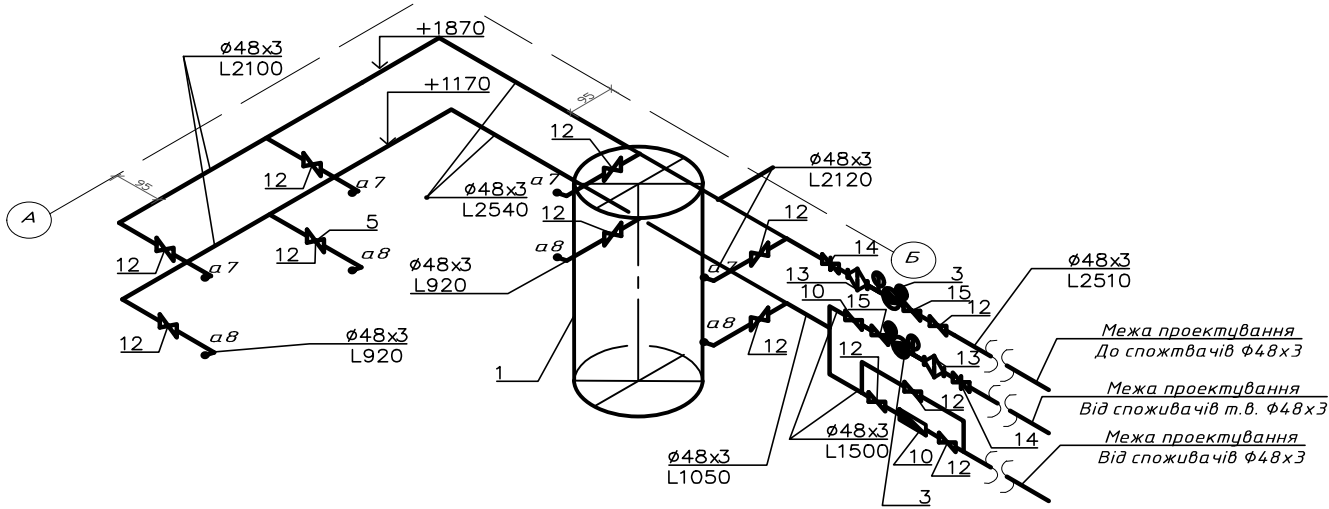
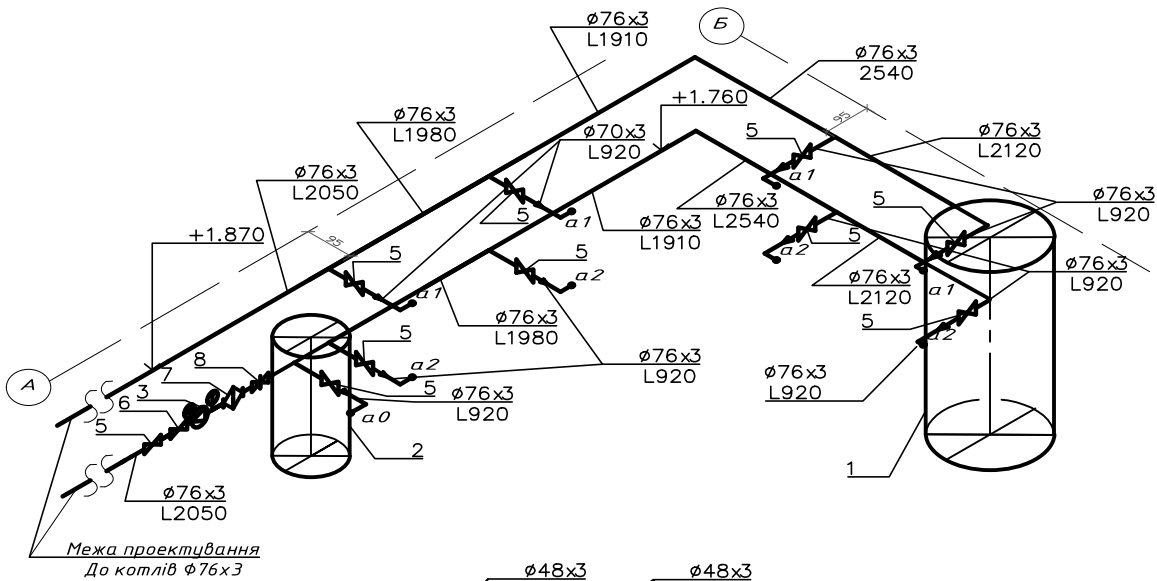
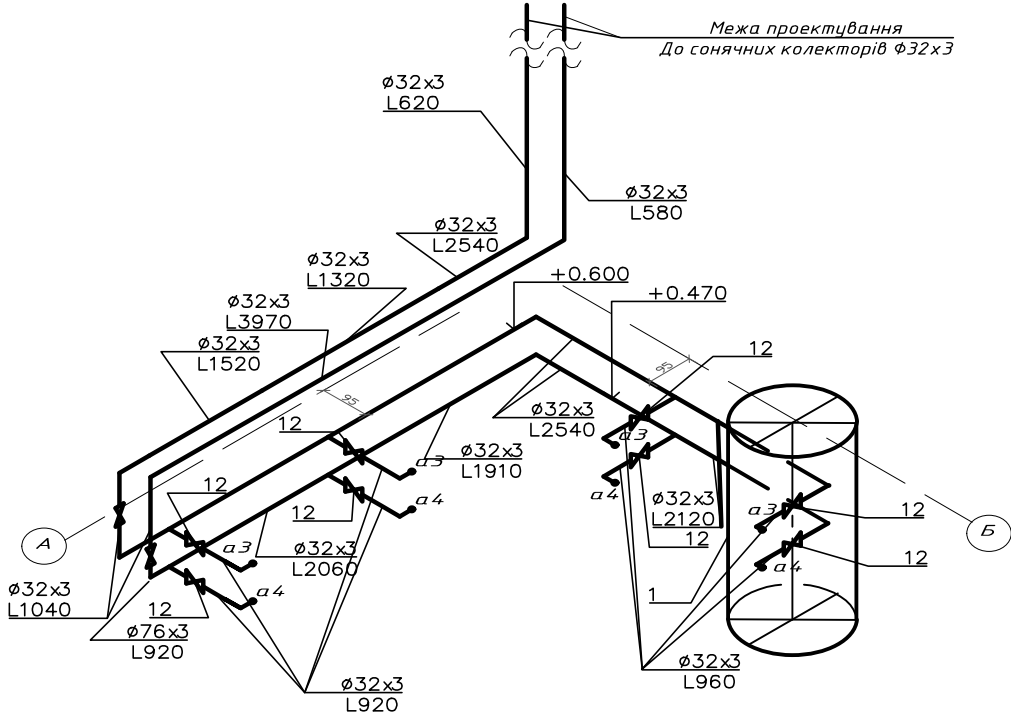
Технічні характеристики:

- 1.Потужність зм'євників 50 кВт.
- 2.Грійне середовище №1 пропіленгліколь – вода
- 3.Грійне середовище №2 вода – вода
- 4.Температура грійного теплоносія 80/60
- 5.Температура нагріваного теплоносія 50/10

					08-15.БКР.002.03.00.000 СК				
					Ємнісний водонагрівач потужністю 50 кВт складальне креслення				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.			Маса	Масштаб
Розробив		Мартиненко В.В.							1:10
Перевірив		Степанов Д.В.							
Т. контр					Аркуш 1			Аркушів 1	
Рецензент		Андрухов В.М.			ВНТУ, ТЕ-218				
Н. контр		Боднар Л.А.							
Затвердив		Степанов Д.В.							

Експлікація обладнання

№	Призначення	Кільк.	Прим.
1	Водонагрівач Альтен ТА2 3000 л	4	
2	Розширний бачок ProTank PT 1000 VM, 1000 л	1	
3	Насос ГВП Wilo TOP-Z 25 / 10 DM RG	2	
4	Насос мережний Wilo- TOP-SD 30 / 5	1	
6	Зворотній клапан Dn 65	1	
7	Фільтр Dn 65	1	
8	Кульовий кран Dn 65	1	
9	Запобіжний клапан Dn 40	4	
10	Витратомір Dn 40	1	
11	Засувка Dn 25	10	
12	Засувка Dn 40	13	
13	Фільтр Dn 40	2	
14	Кран кульовий Dn 40	2	
15	Зворотній клапан Dn 40	2	



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

08-15.БКР.002.04.00.000 AP					
смт. Ярмолинці					
Зм.	Кільк.	Арк	№ док.	Підпис.	Дата
Разробив.	Мартиненко В.В.				
Перевірів	Степанов Д.В.				
Т. контр					
Рецензент	Андрухов В.М.				
Н. контр.	Боднар Л.А.				
Затвердив	Степанов Д.В.				
Модернізація котельні потужністю 3 МВт в селищі Ярмолинці				Стадія	Аркуш
Схема монтажна аксонометрична				1	1
ВНТУ, ТЕ-218				Копировав	
				Формат А3	