

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

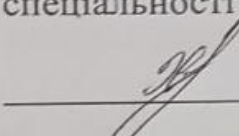
Кафедра теплоенергетики

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144
в місті Вінниця»

Виконала: студентка 2 курсу групи ТЕ-22мсз
спеціальності 144 - теплоенергетика


Харькова А.А.

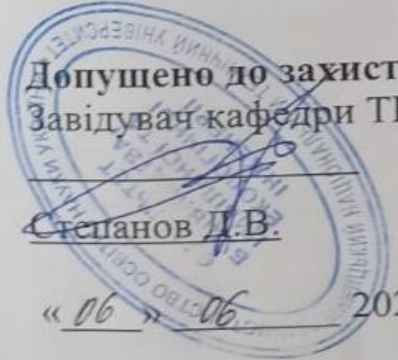
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТЕ
Степанов Д.В.

« 05 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. БМГА
Андрухов В.М.

« 11 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ


Степанов Д.В.

« 06 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет	<u>будівництва, цивільної та екологічної інженерії</u>
Кафедра	<u>теплоенергетики</u>
Рівень вищої освіти	<u>I (бакалаврський)</u>
Галузь знань	<u>14 – електрична інженерія</u>
Спеціальність	<u>144 - теплоенергетика</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Теплоенергетика</u>



З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

ХАРЬКОВІЙ АЛІНІ АНДРІЇВНІ

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144
в місті Вінниця»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 р. № 80.

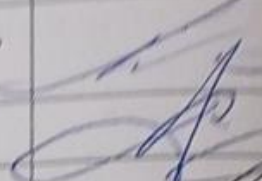
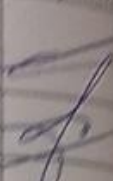
2. Строк подання студенткою роботи 03 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: теплова потужність системи опалення 1093 кВт; теплова потужність системи гарячого водопостачання 238 кВт. Температурний графік системи опалення 70/55°C. Температура гарячої води 55°C. Розрахункова температура для опалення -21°C. Температура холодної води 5°C.

4. Зміст текстової частини: аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування реконструкції котельні; розробка пластинчастого теплообмінника потужністю 250 кВт; розробка технології монтажу теплообмінника гарячого водопостачання; охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема котельні теплової принципова; схема котельні з теплонасосною установкою теплової принципова; теплообмінник пластинчастий потужністю 250 кВт; схема монтажної аксонометрична

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., зав. каф. БЖДПБ		
Інші розділи	Степанов Д.В., зав.каф. ТЕ		
Нормоконтроль	Співак О.Ю. к.т.н., доц. каф. ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів БДР	Строк виконання етапів БДР	Прі зви ще
1	Розрахунок теплової схеми існуючої ко- тельні	12.03.2024...31.03.2024	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко- економічне обґрунтування встановлення теплонасосної установки в опаловальній котельні	01.04.2024...30.04.2024	
3	Розробка пластинчастого теплообмінника потужністю 250 кВт	01.05.2024...14.05.2024	
4	Розробка технології монтажу теплообмін- ника гарячого водопостачання	15.05.2024...21.05.2024	
5	Охорона праці	22.05.2024...28.05.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	29.05.2024...03.06.2024	
7	Перевірка на плагіат. Нормоконтроль	03.06.2024...10.06.2024	
8	Попередній захист	03.06.2024...10.06.2024	
9	Захист БДР	12.06.2024...21.06.2024	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Харькова А.А.
(прізвище та ініціали)

Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

УДК 621.176

Харькова А.А. Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144 в місті Вінниця. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 66 с.

Бібліогр.: 37 назв; табл. 16.

В даній бакалаврській дипломній роботі розглядаються питання підвищення енергоефективності та екологічності джерела теплопостачання житлового району з теплонасосною установкою, що працює у міжопалювальний період для потреб гарячого водопостачання.

В роботі проведено аналіз роботи водогрійної опалювальної котельні за існуючою тепловою схемою. Виконано обґрунтування вибору джерела енергії для підготовки гарячої води в міжопалювальний період. Виконано розробку пластинчастого теплообмінника для передавання теплоти від теплового насоса «повітря-вода» до системи підготовки гарячої води. Виконано розробку технології монтажу теплообмінника потужністю 250 кВт. У розділі з охорони праці визначені умови праці в котельні та заходи з пожежної безпеки.

Графічна частина складається з 5 аркушів.

Ключові слова: опалювальна котельня, тепловий насос «повітря-вода», пластинчастий теплообмінник, монтаж теплообмінника

Annotation

Kharkova A.A. Heat pump installation at the boiler house at 144 Pyrogova Street in the city of Vinnytsia. Bachelor's degree on specialty 144 – heat power engineering, educational program – heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 66 p.

Bibliography: 37 titles; table 16.

In this bachelor's thesis, the issue of increasing the energy efficiency and environmental friendliness of the heat supply source of a residential area with a heat pump unit operating in the interheating period for the needs of hot water supply is considered.

The paper analyzes the operation of the water heating boiler room according to the existing thermal scheme. The justification of the choice of the energy source for the preparation of hot water in the interheating period has been made.

The development of a plate heat exchanger for heat transfer from the air-water heat pump to the hot water preparation system was carried out. The technology for installing a heat exchanger with a capacity of 250 kW has been developed. The section on labor protection defines working conditions in the boiler room and fire safety measures.

The graphic part consists of 5 sheets

Key words: heating boiler room, air-water heat pump, plate heat exchanger, heat exchanger installation

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ	6
1.1 Аналіз теплової схеми котельні	6
1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму	7
1.3 Розрахунок теплової схеми для середньо-опалювального та міжопалювального режимів	10
1.4 Перевірка основного та допоміжного обладнання	13
1.5 Техніко-економічні показники роботи котельні	14
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЕЛЬНОЇ	18
2.1 Багатоваріантний аналіз реконструкції	18
2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела енергії для підготовки ГВП в міжопалювальний період.....	20
3 РОЗРОБКА ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 250 КВТ	23
3.1 Тепловий розрахунок.....	23
3.2 Конструктивний розрахунок	27
3.3 Гідравлічний розрахунок	28
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	30
4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей	31
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	36
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань	38
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	42
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	44
5.3 Пожежна безпека	48

ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	58
ДОДАТОК Б (обов'язковий) Технічне завдання	59
ДОДАТОК В (обов'язковий) Графічна частина	64

ВСТУП

Актуальність теми.

В минулому енергетика України була орієнтована на використання первинних енергоносіїв (природного газу, нафти, вугілля), запаси яких обмежені і ціни на які стрімко ростуть. За таких умов особливої актуальності набуло винайдення шляхів підвищення енергоефективності генерації теплової енергії.

У житлово-комунальному секторі України утворилась складна ситуація, що пов'язана з різними проблемами: застаріла інфраструктура; сезонна нерівномірність роботи, недостатня енергоефективність джерел та теплових мереж; недостатня фінансова стійкість через високі витрати на паливо.

Особливо складною виявилась робота джерел централізованого теплопостачання в міжопалювальний період. В такий час відпуск теплоти мінімальний, а теплопостачальна організація несе великі адміністративні витрати та витрати електроенергії на забезпечення споживачів гарячим водопостачанням.

Використання теплонасосної техніки в теплий період року для підготовки гарячої води має високу енергоефективність, оскільки супроводжується високим значенням коефіцієнта перетворення. З іншого боку використання теплового насоса тільки в міжопалювальний період року супроводжується подовженим терміном окупності капіталовкладень. Впровадження теплонасосної техніки з високими коефіцієнтами перетворення дозволить виробляти 3...6 кВт теплоти з одного кіловата підведеної електричної енергії.

Дана робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності та зменшенню техногенного навантаження на навколишнє середовище від джерела централізованого теплопостачання житлової району в міжопалювальний період, тому тема роботи є актуальною.

Метою роботи є підвищення енергоефективності та екологічності водогрійної котельні в міжопалювальний період шляхом встановлення тепло-

насосної установки «повітря-вода».

Для досягнення даної мети розв'язані такі **завдання**:

- аналіз показників котельні за існуючою тепловою схемою;
- обґрунтування вибору джерела теплової енергії для гарячого водопостачання в міжопалювальний період;
- розробка пластинчастого теплообмінника потужністю 250 кВт;
- розробка технології монтажу теплообмінника гарячого водопостачання;
- розробка заходів з охорони праці.

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ

1.1 Аналіз теплової схеми котельні

Водогрійні котельні, як правило, є опалювальними і проектується виходячи з кількості теплоти, що відпускається на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання з використанням як теплоносія гарячої води. Нагрівання мережної води здійснюється безпосередньо у водогрійних котлах.

В даному випадку розглядається схема водогрійної опалювальної котельні при закритій системі теплопостачання. Котельня призначена для теплопостачання систем опалення та гарячого водопостачання адміністративної будівлі. В котельні встановлені два сталевих водогрійних котла потужністю по 1600 кВт, які працюють на природному газі.

Котельня забезпечує відпуск води з температурою 70°C для потреб системи опалення та з температурою 55°C для гарячого водопостачання. Мережний насос забирає зворотну мережну воду з тепломережі і подає на нагрів в нижню зону котла [1]. Нагріта вода по подавальному трубопроводу подається споживачу.

Кожен котел обладнаний циркуляційними насосами та лініями рециркуляції для уникнення низькотемпературної корозії або зменшення її інтенсивності. Температуру води на вході в котлі необхідно підтримувати вище температури точки роси димових газів [2]. Теплова схема передбачає постійну витрату води через котел і підтримання температури в зворотному трубопроводі не менше заданої (60°C) [3]. Задана температура підтримується перепуском мережної води із прямого в зворотній трубопровід [4, 5]. Для видалення повітря із системи на трубопроводі встановлюються повітровипускні вентилі.

На виході із котла встановлена група безпеки котла, яка складається з манометра, термометра та запобіжного клапана. Зливний трубопровід від запобіжного клапана виведений окремою лінією [2].

Для запобігання протитоку теплоносія на лінії рециркуляції, підживлювальному трубопроводі і після мережних насосів передбачено встановлення зворотних клапанів.

Для зливу води із котлів передбачений дренажний трубопровід.

Водопостачання котельні здійснюється з водопроводу.

Гаряче водопостачання здійснюється за закритою системою постачання води. Вода на гаряче водопостачання береться безпосередньо із водогону і нагрівається від мережної води в теплообміннику [3].

1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму

Система опалення живиться від водогрійної котельні. Згідно завдання розрахункова потужність системи опалення $Q_{оп} = 1093$ кВт, пікова потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 238$ кВт, система замкнута, графік мережної води $70/55^{\circ}\text{C}$, температура сирої води 5°C , температура води на гаряче водопостачання 55°C . Температура зовнішнього повітря -21°C .

Витрата мережної води на опалення [1]

$$G_{\text{тм}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{C_p(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})} \quad , \quad (1.1)$$

$$G_{\text{тм}}^{\text{оп}} = \frac{1093}{4,2(70 - 55)} = 17,34 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води на теплообмінник гарячого водопостачання

$$G_{\text{тм}}^{\text{гвп}} = \frac{Q_{\text{гвп}}}{C_p(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})} \quad , \quad (1.2)$$

$$G_{\text{тм}}^{\text{оп}} = \frac{238}{4,2(70 - 55)} = 3,7 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата мережної води

$$G_{\text{TM}} = G_{\text{TM}}^{\text{оп}} + G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}}, \quad (1.3)$$

$$G_{\text{TM}} = 17,34 + 3,7 = 21,11 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії перепустки системи опалення

$$G_{\text{пер}} = 0 \text{ (кг/с)}, \quad (1.4)$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{TM}} \cdot \alpha, \quad (1.5)$$

$$G_{\text{пж}} = 21,11 \cdot 0,0025 = 0,052 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води

$$G_{\text{зв}} = G_{\text{TM}} - G_{\text{пж}}, \quad (1.6)$$

$$G_{\text{зв}} = 21,11 - 0,052 = 21,05 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води перед котлами

$$G_{\text{MH}} = G_{\text{зв}} + G_{\text{пж}}, \quad (1.7)$$

$$G_{\text{MH}} = 21,05 + 0,052 = 21,1 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед котлами

$$t_{\text{MH}} = \frac{G_{\text{зв}} \cdot t_{\text{зв}} + G_{\text{пж}} \cdot t_{\text{св}}}{G_{\text{MH}}}, \quad (1.8)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{21,05 \cdot 55 + 0,052 \cdot 5}{21,1} = 54,8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{МН}} \frac{t'_{\text{КОТ}} - t_{\text{МН}}}{t''_{\text{КОТ}} - t'_{\text{КОТ}}}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{рец}} = 21,11 \frac{55 - 55}{70 - 55} = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата котлової води

$$G_{\text{к}} = G_{\text{МН}}, \quad (1.10)$$

$$G_{\text{к}} = 21,11 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{КОТ}} = G_{\text{к}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}}), \quad (1.11)$$

$$Q_{\text{КОТ}} = 21,11 \cdot 4,2 \cdot (70 - 55) = 1329,9 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$B_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{КОТ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{КОТ}}}, \quad (1.12)$$

де $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – наявна теплота палива, яка для природного газу складає 34 МДж/м³;
 $\eta_{\text{КОТ}}$ – ККД котла, який дорівнює 92%.

$$B_{\text{р}} = \frac{1329,9}{34000 \cdot 0,92} = 0,042 \text{ (м}^3\text{/с)} = 151 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (1.13)$$

$$B_y = \frac{1329,9}{29300 \cdot 0,92} = 0,049 \text{ (кг/с)} = 176,4 \text{ (кг/год)} [2].$$

ККД котельні

$$\eta = \frac{Q_{\text{кот}}}{B_y \cdot Q_{\text{н}}^p}, \quad (1.14)$$

$$\eta = \frac{1093 + 238}{0,049 \cdot 29300} = 0,92.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{кот}}}, \quad (1.15)$$

$$b_y = \frac{0,049}{1329} = 37,1 \text{ (кг/ГДж)}.$$

1.3 Розрахунок теплової схеми для середньо-опалювального та міжопалювального режимів

Розрахуємо температуру в подавальному і зворотному трубопроводі при середній температурі зовнішнього повітря за опалювальний період $t_3 = -0,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Розрахункова температура навколишнього повітря для опалення

$t_{3,0} = -21^{\circ}\text{C}$. Температурний графік мережної води $70/55^{\circ}\text{C}$. Розрахункова внутрішня температура опалювальних приміщень $t_{в,р}=20^{\circ}\text{C}$.

Відносне теплове навантаження для опалення при t_3

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{в,р} - t_3}{t_{в,р} - t_{3,0}}, \quad (1.16)$$

$$\left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{оп}} = \frac{20 + 0,9}{20 - (-21)} = 0,5.$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_0 = \frac{t'' + t'}{2} - t_{в,р}, \quad (1.17)$$

$$\Delta t_0 = \frac{70 + 55}{2} - 20 = 42,5^{\circ}\text{C}.$$

Перепад температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_0 = t'' - t', \quad (1.18)$$

$$\Delta \tau_0 = 70 - 55 = 15^{\circ}\text{C}.$$

Перепад температур води в опалювальній системі для розрахункового режиму $\Theta_0 = \Delta \tau_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

Температура в подавальному трубопроводі при t_3

$$\tau_1 = t_{в,р} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta \tau_0 - 0,5 \cdot \Theta_0) \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right), \quad (1.19)$$

$$\tau_1 = 20 + 42,5 \cdot 0,6^{0,8} + (20 - 0,5 \cdot 20) \cdot 0,5 = 52,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура в зворотному трубопроводі при t_3

$$\tau_2 = t_{\text{в.р}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (1.20)$$

$$\tau_2 = 20 + 42,5 \cdot 0,6^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \cdot 0,5 = 43,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Проведемо розрахунок теплової схеми при температурному графіку мережної води 70/55°C. А графік на споживачі 52,2/43,2 °C.

Результати розрахунків теплової схеми в середньо-опалювальному та міжопалювальному режимах наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку теплової схеми існуючої котельні в різних режимах роботи

Величина	Одиниця вимір.	Режим роботи		
		максим. опалювал.	Середн. Опалювал.	Міжопалювальний
Витрата води в системі опалення	кг/с	17,34	12,65	---
Витрата мережної води на систему опалення	кг/с	17,34	4,82	---
Витрата мережної води на теплообмінник ГВП	кг/с	3,7	3,7	3,7
Загальна витрата мережної води	кг/с	21,11	8,52	3,7
Витрата води для підживлення мережі	кг/с	0,052	0,0213	0,009
Витрата води в лінії перепустки	кг/с	0	7,96	3,691
Температура води перед рециркуляцією	°C	54,8	44,9	54,8
Витрата води в лінії рециркуляції	кг/с	0	5,74	0
Витрата котлової води	кг/с	21,11	14,3	3,7
Потужність котельні	кВт	1329,9	898,2	240
Розрахункова витрата палива	м³/с	0,042	0,0287	0,0075
Витрата умовного палива	кг/с	0,049	0,0337	0,0087
ККД котельні	-	0,92	0,794	0,8928
Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти	кг/ГДж	37,1	37,5	36,7

1.4 Перевірка основного та допоміжного обладнання

Перевірку водогрійного котла проводимо по розрахунковій продуктивності котельні для максимально-опалювального режиму $Q_{\text{кот}} = 1330$ кВт.

На котельні встановлено два сталеві водогрійні котли потужністю 1600 кВт. Отже встановленого обладнання достатньо для роботи котельні.

В тепловій схемі котельні встановлені рециркуляційні насоси (2 шт), насос подавання сирі води (1 шт.), циркуляційні насоси системи опалення (2 шт) та системи гарячого водопостачання (1 шт.).

Циркуляційні насоси системи опалення призначені для забезпечення циркуляції теплоносія через систему опалення. Їх подача визначається за максимальною масовою витратою мережної води. Для підвищення надійності роботи системи теплопостачання згідно з Правилами Держтехнагляду встановлюється резервування насосного обладнання

Подача циркуляційного насосу системи опалення

$$V_{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{оп}} \cdot 3600}{\rho_{\text{оп}}}, \quad (1.21)$$

де $G_{\text{оп}}$ – масова витрата води через котли в максимальному режимі при 1600 кВт та температурному графіку 70/55°, кг/с;

$\rho_{\text{к}}$ – густина мережної води на вході в котли, яка дорівнює 980 кг/м³ при температурі 55°C

$$V_{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot 17,34 \cdot 3600}{980} = 70,06 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено два циркуляційні насоси системи опалення марки VeroLine-IPL 80/105-3/2, характеристики якого: подача $V=71$ м³/год, напір $H=10,5$ м, потужність електродвигуна $N_{\text{кн}} = 3,0$ кВт [6].

Подача насоса сирі води

$$V_{\text{нсв}} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot 0,052 \cdot 3600}{999,8} = 0,41 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено насос сирої води з врахуванням нерівномірності його роботи Star-Z 15 ТТ, характеристики якого: подача $V=0,3 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H=1,1 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{нсв}}=0,022 \text{ кВт}$ [6].

Подача рециркуляційного насоса

$$V_{\text{рец}} = \frac{1,1 \cdot 5,74 \cdot 3600}{970} = 23,4 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено два рециркуляційних насоси MAGNA1 50-80 F, характеристики яких: подача $V=23 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H=2,5 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{оп}}=0,33 \text{ кВт}$ [6].

Розрахункову електричну потужність котельні знаходимо як суму активних потужностей працюючого обладнання котельні, а саме насосів котлової води, підживлювального насоса, циркуляційного насоса системи опалення та дуттєвих вентиляторів котлів

$$N_{\text{вп}} = N_{\text{кн}} \cdot n_{\text{кн}} + N_{\text{пн}} \cdot n_{\text{пн}} + N_{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}} + N_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}}, \quad (1.22)$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{макс}} = 0,33 \cdot 2 + 0,022 \cdot 1 + 3 \cdot 1 = 3,68 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{сер}} = 0,33 \cdot 1 + 0,022 \cdot 1 + 3 \cdot 1 = 3,35 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{міжопал}} = 0,33 \cdot 1 + 0,022 \cdot 1 = 0,352 \text{ (кВт)}.$$

1.5 Техніко-економічні показники роботи котельні

Витрати палива за рік

$$B_{\text{річ}} = (B_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + B_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + B_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600, \quad (1.23)$$

$$B_{\text{річ}} = (0,042 \cdot 30 + 0,0287 \cdot 4246 + 0,0075 \cdot 4484) \cdot 3600 = 564,3 \text{ (тис.м}^3\text{/рік)}.$$

Річне виробництво теплоти

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.24)$$

$$Q_{\text{річ}} = (1329,9 \cdot 30 + 898,2 \cdot 4246 + 240 \cdot 4484) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 17747 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок витрат на паливо

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi, \quad (1.25)$$

$$S_{\text{пал}} = 564,3 \cdot 11000 = 6,207 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати води на підживлення

$$G_{\text{в}} = \frac{G_{\text{пж}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 365}{1000}, \quad (1.26)$$

$$G_{\text{в}} = \frac{(0,052 \cdot 30 + 0,0213 \cdot 4246 + 0,009 \cdot 4484) \cdot 3600}{1000} = 476,4 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат на воду для водогрійних котлів [7]

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (1.27)$$

$$S_{\text{в}} = 476,4 \cdot 30 = 14,3 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію

$$S_{\text{еє}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \Pi, \quad (1.28)$$

де Π – тариф за електроенергію, дорівнює 6 грн/кВт·год.

N – електрична потужність власних потреб котельні, кВт.

$$S_{\text{еє}} = (3,68 \cdot 30 + 3,35 \cdot 4246 + 0,352 \cdot 4484) \cdot 2,64 = 95,5 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці [8]

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k, \quad (1.29)$$

де ЗП – середня заробітна плата 9000 грн/місяць;

$$S_{\text{зп}} = 8 \cdot 9000 \cdot 12 \cdot 1,41 = 1,218 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 6 - 8\% \cdot B_{\text{оф}}, \quad (1.30)$$

де $B_{\text{оф}}$ – вартість основних виробничих фондів на підприємстві, приймаємо 10 млн грн.

$$S_A = 0,075 \cdot 10 = 0,75 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$S_p = 0,2 \cdot S_A, \quad (1.31)$$

$$S_p = 0,2 \cdot 0,75 = 0,15 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$S_I = 0,3 \cdot (S_A + S_p + S_{\text{заг.зп}}), \quad (1.32)$$

$$S_I = 0,01 \cdot (6,207 + 0,0143 + 0,0955 + 1,218 + 0,75 + 0,15) = 0,0843 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати

$$S = S_C + S_{\text{заг.зп}} + S_A + S_P + S_I, \quad (1.33)$$

$$S = 6,207 + 0,0143 + 0,0955 + 1,218 + 0,75 + 0,15 + 0,0843 = 8,519 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

$$C_v = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}, \quad (1.34)$$

$$C_v = \frac{8,519}{17747} = 480,0 \text{ (грн/ГДж)} \text{ або } 2011 \text{ (грн/Гкал)}.$$

Як видно з розрахунків, котельня має високу собівартість вироблення теплоти, що пов'язано із значними витратами на паливо та суттєвими непрямими витратами в міжопалювальний період.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЕЛЬНОЇ

Розрахункове навантаження на опалення складає 1093 кВт, а на гаряче водопостачання 238 кВт. В розрахунковому режимі максимального навантаження один котел працює з достатнім навантаженням, а другий котел стоїть в резерві. В міжопалювальному періоді роботи котельні спостерігається значення ускладнення експлуатації котла через низькі навантаження 10...15% від номінального.

Виникла необхідність пошуку альтернативного варіанту забезпечення споживачів теплотою для ГВП в міжопалюваний період.

Крім того, робота на малих навантаженнях призводить до пошкоджень теплообмінних поверхонь та димової труби.

Через малий відпуск теплоти спостерігається значне підвищення собівартості теплоти до 999,4 грн/ГДж.

2.1 Багатоваріантний аналіз реконструкції

З метою підвищення енергоефективності та економічності роботи котельні, покращення її екологічних та експлуатаційних показників запропоновано такі варіанти модернізації.

1. Встановлення сонячних колекторів для підготовки ГВП.
2. Встановлення додаткового твердопаливного водогрійного котла для забезпечення потреб гарячого водопостачання в міжопалювальний період на деревинній трісці та на гранулах з біопалива.
3. Встановлення теплонасосної установки «грунт-вода» та «повітря-вода» для підготовки теплоти для ГВП.
4. Встановлення електрокотла для підготовки гарячого водопостачання.

Варіант встановлення сонячних колекторів має такі переваги як: енергоефективність; екологічність; надійність.

В той же час недоліками такого варіанту є суттєва залежність від погодних умов, високі капіталовкладення. Крім того, обмеженням використання сонячних колекторів є необхідність виділення значних площ для встановлення колекторів [9].

Варіант встановлення твердопаливного котла на трісці деревини має такі переваги як низька вартість палива; енергетична незалежність; екологічність; можливість використання вторинної сировини.

Натомість недоліками такого варіанту є: збільшення викидів пилу та сажі; необхідність регулярного очищення поверхонь нагріву котла від відкладень; важко організувати автоматизацію подавання та спалювання палива; складність забезпечення надійності постачання палива; необхідність забезпечення запасу палива і місця його зберігання [10].

Варіант встановлення твердопаливного котла на гранулах з біомаси, на нашу думку, має кращі показники, ніж варіанти з котлами на трісці. Такі котли мають більш високу енергетичну та екологічну ефективність, більша теплота згорання палива і зручність його зберігання підвищують якість такого рішення. При цьому забезпечується підтримка регіонального агропромислового комплексу.

Недоліками є стабільне зростання цін на гранули та більші інвестиції, ніж для котлів на трісці.

Варіант з встановленням теплового насосу «грунт-вода» має найвищу енергоефективність, але його суттєвим недоліком є необхідність побудови системи відбирання теплоти ґрунту [11] з горизонтальними або вертикальними термозондами. Для горизонтальних необхідні великі площі незадіяної території, а для вертикальних – великі капіталовкладення в свердловини.

Встановлення теплового насосу «повітря-вода» дозволяє використовувати відновлюване джерело енергії теплоту атмосферного повітря, що значно підвищує енергетичну ефективність особливо в теплий період року.

Крім того, у цього варіанту майже відсутнє техногенне навантаження на наволишне середовище в місці встановлення.

Недоліком такого варіанту є значні капіталовкладення та значний рівень шуму зовнішнього блоку теплового насосу.

Варіант встановлення електродкотла для забезпечення гарячого водопостачання має ряд переваг, а саме екологічність вироблення теплоти в місці встановлення, низькі капіталовкладення, простота обслуговування та ремонту, висока енергетична ефективність таких котлів.

Недоліками цього варіанту є висока вартість електроенергії, необхідність забезпечення безперебійності електропостачання, обмежена потужність, що пов'язана із лімітами на відпуск електроенергії споживачам [11].

Для техніко-економічного обґрунтування обрані варіанти встановлення твердопаливного водогрійного котла на гранулах з біомаси, теплонасосної установки «повітря-вода», електродкотла.

2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела енергії для підготовки ГВП в міжопалювальний період

Розрахунок варіанту встановлення теплового насосу «повітря-вода»

За умов середньої температури зовнішнього повітря для міжопалювального періоду 20°C та температури теплоносія на виході з теплового насосу 65°C коефіцієнт перетворення Aermec NRK 0700 складає 3,01 [12].

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання робіт складається локальний кошторис. Орієнтовні додаткові капіталовкладення в теплонасосну установку потужністю 230 кВт приймаємо $K = 4,2$ млн. грн.

Витрати електроенергії на тепловий насос за міжопалювальний період

$$EE_{\text{TH.моп}} = N_{\text{TH}} \cdot \tau_{\text{моп}}, \quad (2.1)$$

$$EE_{\text{моп.}} = 76,54 \cdot 176 \cdot 24 = 323,3 \text{ (МВт} \cdot \text{год)}.$$

Витрати на електроенергію для теплового насосу [2]

$$S_{\text{еe}} = 323,3 \cdot 10^3 \cdot 7,0 = 2,26 \text{ (млн.грн)}.$$

Розрахунок оплати праці за (1.29)

$$S_{\text{відр.зп}} = 8 \cdot 15000 \cdot 6 \cdot 1,41 = 1,015 \text{ (млн.грн)}.$$

Додаткові амортизаційні відрахування за (1.30)

$$\Delta S_A = 0,075 \cdot 4,2 = 315 \text{ (тис.грн)}.$$

Додаткові витрати на ремонт за (1.31)

$$\Delta S_p = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ (тис.грн)}.$$

Додаткові інші витрати за (1.32)

$$\Delta S_I = 0,1 \cdot (315 + 63) = 37,8 \text{ (тис.грн)}.$$

Собівартість виробництва теплоти для ГВП за (1.34)

$$C_v = \frac{(3,710 - 1,937 + 2,26 + 0,315 + 0,063 + 0,0378) \cdot 10^6}{3712,8} = 1198 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Аналогічно розраховуються інші варіанти забезпечення теплоти на ГВП в міжопалювальний період. Результати розрахунків представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Узагальнення розрахункових техніко-економічних показників різних варіантів модернізації котельні по вул. Пирогова 144

Найменування величини	Позначення	Природний газ	Котел на гранулах деревини	Електрокотельня	Теплонасосна установка
Наявна теплота палива	$Q_{нр}$	34 МДж/м ³	17 МДж/кг	---	---
ККД котла або коефіцієнт перетворення		91%	85%	99%	3,01
Розрахункова витрата палива	B_p	27 м ³ /год	57,3 кг/год	---	---
Ціна на паливо	C_p	16	5,5 грн/кг	---	---
Витрати на електроенергію, тис.грн	S_{ee}	45,2	123,7	6805	2265
Капіталовкладення, млн грн.	K	---	2,7	0,4	4,2
Собівартість теплоти, грн/ГДж	CB	999,4	951,2	2319	1198

З таблиці 2.1 видно, що найкращий показник собівартості теплоти має варіант з встановленням твердопаливного котла для покриття потреб ГВП.

Але необхідність встановлення додаткової димової труби та збільшення викидів золи і сажі в теплий період року не дозволяє пропонувати таке рішення для місць з щільною забудовою.

Варіант із встановленням електродкотла має найвищу собівартість теплоти, не дивлячись на низькі капіталовкладення.

Встановлення теплонасосної установки для підігріву води на ГВП має дещо вищу собівартість теплоти, ніж варіант з газовим котлом, але екологічні показники теплонасосного обладнання в місці встановлення набагато кращі.

Пропонується встановити тепловий насос Aermec NRK 0700, баки акумулятори, циркуляційні насоси, проміжний теплообмінник, трубопроводи, арматуру, систему підживлення.

3 РОЗРОБКА ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 250 КВТ

3.1 Тепловий розрахунок

Вихідні дані для розрахунку.

Теплообмінник – пластинчастий. Грійне середовище – водний розчин пропіленгліколя. Нагріване середовище – вода. Потужність теплообмінника $Q_T = 250$ кВт. Температура холодного теплоносія води на вході $t'_2 = 10^\circ\text{C}$. Температура холодного теплоносія на виході $t''_2 = 55^\circ\text{C}$. Температура гарячого теплоносія на вході $t'_1 = 65^\circ\text{C}$. Температура гарячого теплоносія на виході $t''_1 = 50^\circ\text{C}$. Геометричні розміри пластин і типи каналів:

- площа теплообміну одної пластини $f_1 = 0,15 \text{ м}^2$;
- ширина пластини $0,25 \text{ м}$;
- довжина пластини $0,9 \text{ м}$;
- товщина міжпластинного каналу $e = 0,003 \text{ м}$;
- площа поперечного перерізу одного каналу $f_{\text{каналу}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Середня температура теплоносія

$$t = \frac{t' + t''}{2}, \quad (3.1)$$

де t' t'' – температура теплоносія на вході та виході з підігрівника, $^\circ\text{C}$.

$$t_1 = \frac{65 + 50}{2} = 57,5^\circ\text{C}, \quad t_2 = \frac{10 + 55}{2} = 32,5^\circ\text{C}.$$

Теплофізичні характеристики водного розчину пропіленгліколю для середньої температури гарячого теплоносія [13]: густина $\rho_1 = 1020$ (кг/м³); коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 0,392$ (Вт/(м·К)); коефіцієнт кінематичної

в'язкості $\nu_1 = 1,8 \cdot 10^{-6}$ (м²/с); критерій Прандтля $Pr_1 = 9,5$; теплоємність $C_{p1} = 3,7$ (кДж/(кг·К)).

Теплофізичні характеристики холодного теплоносія (води) для середньої температури в теплообміннику [14]: густина води $\rho_2 = 996$ (кг/м³); коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,618$ Вт/(мК); критерій Прандтля $Pr_2 = 5,42$; коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_2 = 0,805 \cdot 10^{-6}$ (м²/с); теплоємність води $C_{p2} = 4,17$ (кДж/(кг·К)).

Більша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_B = t_1'' - t_2', \quad (3.2)$$

$$\Delta t_B = 50 - 10 = 40^\circ\text{C}.$$

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_M = t_1' - t_2'', \quad (3.3)$$

$$\Delta t_M = 65 - 50 = 15^\circ\text{C}.$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_B - \Delta t_M) / \ln \left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} \right), \quad (3.4)$$

$$\Delta t_{cp} = (40 - 15) / \ln \left(\frac{40}{15} \right) = 25,4^\circ\text{C}.$$

Витрата теплоносія

$$G = Q_T / (C_p \cdot (t' - t'')), \quad (3.5)$$

$$G_1 = 250 / (3,7 \cdot (65 - 50)) = 4,5 \text{ (кг/с)}, \quad G_2 = 250 / (4,17 \cdot (55 - 10)) = 1,33 \text{ (кг/с)}.$$

Об'ємна витрата теплоносія

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (3.6)$$

$$V_1 = \frac{4,5}{1020} = 4,4 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3/\text{с}), \quad V_2 = \frac{1,33}{996} = 1,34 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3/\text{с}).$$

Швидкість холодного теплоносія приймаємо 0,2 м/с. Еквівалентний діаметр міжпластинного каналу приймається рівним подвоєній товщині зазору між пластинами, тобто $d_e = 2 \cdot 0,003 = 0,006$ (м).

Приймаємо, що кількість каналів для проходу холодного та гарячого теплоносія в теплообміннику однакова, тоді швидкість гарячого теплоносія в каналах пропорційна швидкості холодного теплоносія з врахуванням об'ємних витрат потоків

$$w_1 = w_2 \frac{V_1}{V_2}, \quad (3.7)$$

$$w_1 = 0,2 \frac{4,4 \cdot 10^{-3}}{1,34 \cdot 10^{-3}} = 0,65 (\text{м/с}).$$

Число Рейнольдса теплоносія

$$Re = \frac{w \cdot d_e}{\nu}, \quad (3.8)$$

$$Re_1 = \frac{0,65 \cdot 0,006}{1,8 \cdot 10^{-6}} = 2166 \quad Re_2 = \frac{0,2 \cdot 0,006}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 1490 - \text{режим турбулентний.}$$

Задамося температурою стінки $t_{\text{ст}1} = 50^\circ\text{C}$, $t_{\text{ст}2} = 45^\circ\text{C}$, тоді $Pr_{\text{ст}1} = 9,1$ [*], а $Pr_{\text{ст}2} = 3,9$ [5].

Критерій Нусельта для теплоносія

$$Nu = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (3.9)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 2166^{0,73} \cdot 9,5^{0,43} \cdot (9,5/9,1)^{0,25} = 97,8.$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 1490^{0,73} \cdot 5,42^{0,43} \cdot (5,42/3,9)^{0,25} = 62,8.$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_e}, \quad (3.10)$$

$$\alpha_1 = \frac{97,8 \cdot 0,392}{0,006} = 6393 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}, \quad \alpha_2 = \frac{62,8 \cdot 0,618}{0,006} = 6470 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{\psi}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.11)$$

де $\delta_{ст}$ – товщина стінки пластини $\delta_{ст} = 0,0006$ м;

$\lambda_{ст}$ – теплопровідність сталі, $\lambda_{ст} = 16$ (Вт/мК);

ψ – коефіцієнт, що враховує забруднення поверхні

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{6393} + \frac{0,0006}{16} + \frac{1}{6470}} = 2439 \text{ (Вт/(м}^2\text{·К))}.$$

Питомий тепловий потік [15]

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} , \quad (3.12)$$

$$q = 2439 \cdot 25,4 \cdot 10^{-3} = 61,9 (\text{кВт/м}^2).$$

Розрахункова температура холодної і гарячої сторін пластини

$$t_{ct2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} \quad t_{ct1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} , \quad (3.13)$$

$$t_{ct1} = 57,5 - \frac{61955}{6393} = 47,8 \text{ } ^\circ\text{C} , \quad t_{ct2} = 32,5 + \frac{61955}{6470} = 42,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Оскільки різниця між раніше прийнятими та розрахунковими температурами стінки складає менше 3 $^\circ\text{C}$, то уточнювати розрахунки не потрібно.

Необхідна площа поверхні теплообміну [16]

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} , \quad (3.14)$$

$$F = \frac{250 \cdot 10^3}{2439 \cdot 25,4} = 4,04 (\text{м}^2).$$

3.2 Конструктивний розрахунок

Площа поперечного перерізу пакета:

$$f_{\text{пакета}} = \frac{V}{w} , \quad (3.15)$$

$$f_{\text{пакета}1} = \frac{4,4 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 6,76 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2), \quad f_{\text{пакета}2} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 6,7 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2).$$

Число паралельних каналів в одному пакеті

$$n_K = \frac{f_{\text{пакета}}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (3.16)$$

$$n_{K1} = \frac{6,76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 13,52 \text{ (шт.)}, \quad n_{K1} = \frac{6,7 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 13,4 \text{ (шт.)},$$

приймаємо $n_{K1} = 14$ шт.; $n_{K2} = 14$ шт.

Число пластин в одному пакеті

$$n_{\text{пакета}} = n_{K1} + n_{K2} + 1, \quad (3.17)$$

$$n_{\text{пакета}} = 14 + 14 + 1 = 29 \text{ (шт.)}$$

Площа теплообміну одного пакету [17]

$$F_{\text{пакета}} = n_{\text{пакета}} \cdot f_1, \quad (3.18)$$

$$F_{\text{пакета}} = 29 \cdot 0,15 = 4,35 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Кількість пакетів в апараті

$$n_{\text{пакетів}} = \frac{F}{F_{\text{пакету}}}, \quad (3.19)$$

$$n_{K1} = \frac{4,35}{4,04} = 1,08, \text{ приймаємо } n_{\text{пакетів}} = 1 \text{ (шт.)}. \text{ Запас поверхні } 8 \text{ \%}.$$

3.3 Гідравлічний розрахунок

Коефіцієнти загального гідравлічного опору відносної довжини каналу

$$\xi = \frac{5,8}{\text{Re}^{0,25}} , \quad (3.20)$$

$$\xi_1 = \frac{5,8}{2166^{0,25}} = 0,851 , \quad \xi_2 = \frac{5,8}{1490^{0,25}} = 0,933 .$$

Гідравлічний опір пакетів пластин

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot L_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot n_{\text{пакетів}}}{d_e \cdot 2} , \quad (3.21)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,851 \cdot 0,85 \cdot 1020 \cdot 0,65^2 \cdot 1}{0,006 \cdot 2} = 26,0 \text{ (кПа)} , \quad \Delta P_2 = \frac{0,933 \cdot 0,85 \cdot 996 \cdot 0,2^2 \cdot 1}{0,006 \cdot 2} = 2,63 \text{ (кПа)} .$$

Перевіримо швидкість руху теплоносіїв в штуцерах [18]

$$w_{\text{шт}} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{шт}}^2} , \quad (3.22)$$

$$w_{\text{шт}1} = \frac{4 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,065^2} = 1,3 \text{ (м/с)} , \quad w_{\text{шт}2} = \frac{4 \cdot 1,34 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,065^2} = 0,404 \text{ (м/с)} .$$

Так як швидкість теплоносіїв в штуцері менша допустимих 2,5(м/с), то місцевий опір штуцерів враховано при розрахунку коефіцієнта опору.

Потужність, необхідна для подолання гідравлічних опорів

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{\eta_{\text{насоса}}} \text{ (м/с)} \quad (2.32)$$

$$N_1 = \frac{4,4 \cdot 10^{-3} \cdot 26,0}{0,6} = 191 \text{ (Вт)} , \quad N_2 = \frac{1,34 \cdot 10^{-3} \cdot 2,63}{0,6} = 5,87 \text{ (Вт)} .$$

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Як трубопроводи обв'язки теплообмінника гарячого водопостачання використані сталеві водогазопровідні труби за ДСТУ 8943:2019 [19].

Діаметр трубопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} \text{ (м/с)} \quad (4.1)$$

де ω – швидкість теплоносія в трубопроводі, приймаємо $\omega=0,5 \dots 1,5$ м/с;

Результати розрахунку діаметрів трубопроводів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахункові діаметри трубопроводів теплообмінника

Назва трубопроводу	Витрата, л/с	Розрахунковий діаметр, м	Стандартний діаметр, мм
Пропіленгліколю від теплових насосів	4,4	0,063	Ø76×4,0
Гарячої та холодної води	1,34	0,057	Ø76×4,0

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання в міжопалювальний період в котельні передбачено встановлення пластинчастого теплообмінного апарату. Нагріваний теплоносій (гаряча вода) відпускається споживачам сталевим трубопроводом Ду 65. Грійним теплоносієм є розчин пропіленгліколю (47%) з температурою 65 °С. Грійний теплоносій для теплообмінника виробляється за допомогою реверсивного теплового насоса типу «повітря-вода» марки AERMEC NRK 0700, максимальна потужність якого складає 228,4 кВт. Робочим тілом у даному тепловому насосі є холодоагент R410A [12]. Циркуляція грійного теплоносія забезпечується двома циркуляційними насосами Wilo IL-E 50/170-7,5/2-S1. Приєднання насосу до мережі – фланцеве, монтажна довжина – 340 мм, DN50. Потужність електродвигуна насосу складає 7,5 кВт. Маса агрегату 189 кг [20].

Для компенсування температурних деформацій пов'язаних із змінною температурою теплоносія у системі з розчином пропіленгліколю передбачено встановлення розширювального баку Wilo-H 500/6 . Ємність баку складає $V=500$ л, робочий тиск 6 бар. Габаритні розміри: діаметр 750 мм, висота 1445 мм. Приєднання – різьбове , 1'' [21].

З метою вирівнювання продуктивності теплового насосу на котельні встановлюється дві накопичувальні емальовані ізольовані ємності об'ємом $V=2000$ л кожна.

Транспортування теплоносіїв виконується сталевими водогазопровідними трубопроводами (ДСТУ 8936:2019) . Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені запірні крани (шарові) з фланцевими (DN125 та DN65) та муфтовим (Dу 40) з'єднанням. Задля зменшення теплових втрат у системі передбачена теплова ізоляція трубопроводів із базальтової вати з фольгою [22].

4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахункові результати комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Відомість витрат матеріалів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Бак теплоаккумулятор з чорної сталі $V=2000$, $P_y=3$ бар	шт.	2	356	712
2	Розширювальний бак Wilo-H 500/6 $V=500$ л, 6 бар	шт	1	63	63
3	Насос насос з сухим ротором IL-E 50/170-7,5/2-S1	шт.	2	189	378
4	Розбірний пластичатий теплообмінник	шт.	1	190	190

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
5	Комплект теплолічильника MULTICAL 603	шт.	1	2,3	2,3
6	Лічильник холодної води Auriga 25-6.3 DN25 T30	шт.	1	1,4	1,4
7	Труба сталева водогазопровідна, звичайна, Ду65	м	24,9	7,05	175,55
8	Труба сталева водогазопровідна, звичайна, Ду 40	м	3,83	3,84	14,707
9	Труба сталева водогазопровідна, звичайна, Ду 25	м	2,92	2,39	6,98
10	Труба сталева водогазопровідна, звичайна, Ду 125	м	24,6	15,04	370,5
11	Кран кульовий латунний ВВ, ручка рычаг 1 1/2''	шт	5	1,15	5,75
12	Клапан запобіжний Valtec VT.1831. Dn25	шт	1	0,886	0,886
13	Кран кульовий фланцевий повнопрохідний DN65 PN25	шт.	14	10,30	144,2
14	Кран кульовий фланцевий повнопрохідний DN125 PN25	шт.	3	30,3	90,9
15	Клапан зворотній двопелюстковий міжфланцевий PN16, Ду65	шт.	1	2,4	2,4
16	Клапан зворотній двопелюстковий міжфланцевий PN16, Ду50	шт.	2	1,6	3,2
17	Термометр біметалевий ТБ-100-50 0+120-1.5-О	шт.	7	0,23	1,61
18	Манометр ДМ 05100-0,6 Мпа-1-G1/2	шт.	8	0,06	0,48
19	Манометр ДМ 05160-0,6 Мпа-1-M20x1,5	шт.	2	0,27	0,54
20	Повітровідвідник автоматичний з клапаном 1/2»VALTEC	шт.	2	0,18	0,36
21	Фільтр косий фланцевий Zetkama DN125 PN16 (	шт.	1	38,5	38,5
22	Фільтр косий фланцевий Zetkama DN65 PN16	шт.	1	14	14
23	Перехід сталевий концентричний, Ду 50x65 мм	шт.	4	0,42	1,68
24	Перехід сталевий концентричний, Ду 65x125 мм	шт.	2	2,6	5,2
25	Перехід сталевий концентричний, Ду 40x125 мм	шт.	2	1,9	3,8
26	Перехід сталевий концентричний, Ду 40x65 мм	шт.	2	0,78	1,56
27	Ізоляція трубна БЗВ ламінована фольгою Dn45 мм, δ=40 мм	м	3,83	1,008	3,86

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Для монтажу насосів [23]					
28	Ізоляція трубна БЗВ ламінована фольгою для труб Dn75 мм, $\delta=40$ мм	м	24,9	1,638	40,786
29	Ізоляція трубна БЗВ ламінована фольгою для труб Dn133 мм, $\delta=100$ мм	м	24,6	6,3	154,98
				$\Sigma =$	2429,11
Потреба в допоміжних матеріалах					
Монтаж трубопроводів Ду65, Ду125 [23]					
30	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,1755 0,3705	0,005	2,73
31	Круги армовані абразивні зачистні, діаметр 180×6 мм	шт.	0,1755 0,3705	0,762 0,4826	0,36
32	Пароніт	т	0,1755 0,3705	0,007 0,003	2,34
Монтаж трубопроводів Ду40, Ду25 з муфтовими запірними елементами [24]					
33	Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм	т	0,0393 0,0292	0,0021 0,0012	0,12
34	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,0685	0,00012	0,082
35	Оліфа натуральна	кг	0,0685	0,06	0,004
36	Вода	м ³	0,0393 0,0292	1,76 0,69	89,316
37	Очіс льняний	т	0,0685	0,00006	0,041
Монтаж теплообмінника [24]					
38	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	1	0,0027	2,7
39	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00051	0,51
40	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
41	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,01	0,01
42	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
43	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00254	2,54
44	Пароніт	т		0,00022	0,22
45	Вода	м ³	1	0,26	260

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
46	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 Мпа (10 кгс/см ²), діаметр 65 мм	шт.	4	2,8	11,2
Встановлення насосів [24]					
47	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	2	0,00044	0,88
48	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою	т	2	0,0022	4,4
49	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,09	0,18
50	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16мм	т	2	0,00127	2,54
51	Фланці плоскі приварні із сталі, діаметр 50 мм	шт	4	2,06	8,24
52	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	2	0,014	50,4
Встановлення фільтрів [24]					
53	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42А	т	1 1	0,00011 0,00034	0,45
54	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16мм	т	1 1	0,0353 0,02	55,3
55	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 3 мм, діаметр 125 мм	шт	2	0,049	0,098
56	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 3 мм, діаметр 65 мм	шт	2	0,024	0,048
Встановлення акумулювальних ємностей [24]					
57	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	2	0,00468	9,36
58	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00074	1,48
59	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00006	0,12
60	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,17	0,34
61	Оліфа натуральна	кг	2	0,03	0,06
62	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00322	6,44
63	Пароніт	т	2	0,0001	0,2
64	Масло індустрійне И-20А	т	2	0,0001	0,2
65	Очіс льняний	т	2	0,00003	0,06
66	Вода	м ³	2	2,4	4800

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Встановлення розширювального баку [24]					
67	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	1	0,0008	0,08
68	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
69	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
70	Вода	м ³	1	0,57	570
Встановлення термометрів, манометрів, повітровідвідних клапанів [24]					
71	Оліфа натуральна	кг	19	0,01	0,19
72	Очіс льняний	т	19	0,00001	0,19
73	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	19	0,00001	0,19
Монтаж теплової ізоляції [25]					
74	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нор- мальної точності 0,7 мм х (20 мм – 50 мм)	т	2,46 2,4900 0,383	0,00337 0,00296 0,00222	16,51
75	Дріт сталевий низьковуглецевий різно- го призначення оцинкований, діаметр 1,1 мм	т	2,46	0,00076	1,87
76	Пряжки (разом)	кг	2,46 2,49 0,383	0,09	0,48
77	Гвинти оцинковані самонарізні	т	2,46	0,00001	0,025
Монтаж шарових кранів, триходових та зворотних клапанів [23]					
	Болти із шестигранною головкою, діа- метр різьби 12-[14] мм	т	0,3 1,85	0,11 0,071	164,35
	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,3 1,85	2,3 1,7	3,75
				Σ =	440,784

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного та до-
поміжного обладнання, всіх пристроїв та інструментів.

Загальна маса обладнання і матеріалів для доставки становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{доп.мат}} + \Sigma M_{\text{доп.обл}} , \quad (4.2)$$

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = 2429,109 + 440,784 + 327,45 = 3197,343 \text{ кг.}$$

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Об'єми робіт визначалися згідно вимог [23 – 26].

1. Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей 3197,343 кг. Приймаємо $V = 3,197$.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L = 24,6 + 24,9 + 3,83 + 2,92 = 56,25$ м. Приймаємо $V = 0,5625$.
3. Монтаж розбірного пластичатого теплообмінника. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється один пластинчастий теплообмінник з поверхнею нагріву $2,38 \text{ м}^2$. Приймаємо $V = 1$.
4. Установлення накопичувальних ємностей місткістю 2 м^3 . Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється дві накопичувальних ємності по 2 м^3 . Приймаємо $V = 2$.
5. Монтаж розширювального баку Wilo-H 500/6. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється дві накопичувальних ємності по 2 м^3 . Приймаємо $V = 2$.
6. Установлення насосів з сухим ротором Wilo IL-E 50/170-7,5/2-S1. Одиниці вимірювання – штуки. У осхемі теплообмінника гарячого водопостачання встановлюється два насоси вказаної марки масою 189 кг кожний. Приймаємо $V = 2$.
7. Прокладання трубопроводів Ду 125. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів системи підготовки гарячої води Ду 125 складає 370,48 кг. Приймаємо $V = 0,3705$.
8. Установка кульових кранів Ду 125. Одиниці вимірювання – 10 штук. Встановлюється три кульових крани вказаного діаметру. Приймаємо $V = 0,3$.
9. Установлення фільтра косого фланцевого Zetkama DN125 PN16. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється один фільтр. Приймаємо $V = 1$.
10. Прокладання трубопроводів діаметром Ду 65. Одиниці вимірювання –

тони. Маса трубопроводів системи підготовки гарячої води Ду 65 складає 175,55 кг. Приймаємо $V=0,17555$.

11. Установка кульових кранів Ду 65, триходового клапану Ду 65, зворотних клапанів Ду 65 та Ду 50. Одиниці вимірювання – 10 штук. Встановлюється 14 кульових крани Ду 65, один триходовий клапан Ду 65, один зворотний клапан Ду 65 та два зворотних клапани Ду 50. Приймаємо $V=1,85$.

12. Установлення фільтра косого фланцевого Zetkama DN65 PN16. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється один фільтр. Приймаємо $V=1$.

13. Установлення комплекта теплолічильника MULTICAL 603. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється один комплект теплолічильника. Приймаємо $V=1$.

14. Установлення лічильника води Auriga 25-6.3 DN25 T30. Одиниці вимірювання – штуки. Встановлюється один лічильник. Приймаємо $V=1$.

15. Прокладання трубопроводів Ду 40 із встановленням муфтової арматури. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів Ду 40 складає 3,83 м. Приймаємо $V=0,0383$.

16. Прокладання трубопроводів Ду 25. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів Ду 25 складає 2,92 м. Приймаємо $V=0,0292$.

17. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниці вимірювання – штуки. В системі підготовки гарячої води встановлюється 7 термометри і 10 манометри. Отже, приймаємо об'єм робіт $V= 17$.

18. Встановлення автоматичних повітровідвідників з клапаном 1/2». Одиниці вимірювання – штуки. В системі підготовки гарячої води встановлюється два повітровідвідника. Отже, приймаємо об'єм робіт $V= 2$.

19. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінника гарячого водопостачання становить 56,25 м. Отже, приймаємо об'єм робіт $V=0,5625$.

20. Монтаж ізоляції на трубопровід із зовнішнім діаметром 45 мм . Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводів Ду 40 складає 3,83 м. Приймаємо $V=0,383$.

21. Монтаж ізоляції на трубопровід із зовнішнім діаметром 76 мм . Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводів Ду 65 складає 24,9 м. Приймаємо $V=2,49$.
22. Монтаж ізоляції на трубопровід із зовнішнім діаметром 133 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводів Ду 125 складає 24,6 м. Приймаємо $V=2,46$.
23. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінника гарячого водопостачання становить 56,25 м. Отже, приймаємо об'єм робіт $V=0,5625$.
24. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей 327,45 кг. Приймаємо об'єм $V= 0,3275$.

4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано бортовим автомобілем DFH 1160 В. Технічні характеристики автомобіля наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики DFH 1160 В [27]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Повна дозволена маса	кг	16000
Колісна база	мм	4500
Вантажна висота	мм	1900
Витрата палива	л/100 км	8,5
Габарити: Довжина/Ширина/Висота	мм	7790/2460/2840
Споряджена маса	кг	5150

Для зварювання використовується зварювальний апарат інверторний APRO MMA-280 LV [28]. Його технічна характеристика: споживана по-

тужність, кВт – 6,8; мінімальний зварювальний струм, А – 20; діаметр електрода, мм – 1,6 – 5; ККД, % - 90; Маса – 5,6 кг

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо опресувальник електричний MGF 250BAR, 13L, його характеристики в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики опресувальника MGF 250BAR, 13L [29]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Витрата води	л/хв.	13
Максимальний тиск	бар	250
Живлення мережі	В	400
Потужність	кВт	6,35
Маса	кг	30

Для підйому обладнання, трубопроводів використовується лебідка з електроприводом ЛМ-1. Характеристики лебідки наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом ЛМ-1 [30]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля	кН	1
Розрахункова швидкість каната в першому шарі	м/с	0,21 – 0,27
Діаметр каната	мм	9,1
Канатоємність	м	100
Потужність двигуна	кВт	4,0
Габарити:		
Довжина	мм	850
Ширина	мм	850
Висота	мм	450
Маса	кг	200

Для переміщення теплообмінника, насосів та трубопроводів по території монтажного майданчика використовуємо візок гідравлічний ручний Staxx BF25(550PD)-Н. Його характеристики вказані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Візок гідравлічний ручний Staxx BF25(550PD)-H [31]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	2500
Довжина вил	мм	1150
Габарити в робочому стані	мм	1500x550x1230
Маса	кг	69

Для влаштування кріплень використовується перфоратор Einhell TH-RH 1600, що має такі технічні характеристики: напруга живлення 220 В, максимальна кількість обертів холостого ходу 3900 об./хв., кількість ударів 4200 уд./хв., потужність 1600 Вт, енергія удара 4,0 Дж, максимальний діаметр свердління в бетоні 32 мм, маса 5,6 кг [32].

Під час монтажу трубопроводів використовується кутова шліфмашина Шліфмашина кутова SPARKY M 2200 (HD) з характеристиками: діаметр кола 180 мм, потужність інструменту 2200 Вт, живлення від електромережі 220 В, швидкість обертання на холостому ходу 8500 об./хв., маса 5,5 кг [33].

Загальна маса допоміжного обладнання складає 327,45 кг.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі бакалаврської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі встановлення теплового насосу в водогрійній опалювальній котельні.

Завданням охорони праці є зведення до мінімуму вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань. Під час виконання будівельно-монтажних та опоряджувальних робіт (штукатурних, малярних, облицювальних, скляних), робіт з улаштування теплоізолювальних систем необхідно передбачати заходи із запобігання впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів [34, 35]:

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно фіброгенної дії (нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

У даному розділі досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, пожежна безпека для працівників в цілому для об'єкта проектування під час будівництва та після прийняття його в експлуатацію.

5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Під час монтажу конструкцій водогрійної котельні монтажники повинні дотримуватися правил охорони праці в будівництві [36], за якими потрібно перед початком монтажу електрообладнання вантажопідіймальних кранів змонтувати постійні настили з огорожами відповідно до ГОСТ 12.4.059, ГОСТ 23407, ГОСТ 24258.

Робочі місця для виконання будівельно-монтажних та опоряджувальних робіт, улаштування систем на висоті котельні повинні бути обладнані підмостками і сходами- драбинами для піднімання на них. Підмостки, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування систем у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів. Внутрішні штукатурні роботи, а також монтаж збірних карнизів і ліпних елементів внутрішніх приміщень необхідно виконувати тільки з помостів або пересувних столиків, встановлених на підлогу, або на суцільні настили. Зовнішні штукатурні роботи необхідно виконувати з інвентарних вертикальних або підвісних риштувань. Під час виконання робіт на внутрішніх сходових клітках необхідно застосовувати спеціальні помости (столики) з різною довжиною опорних підпорок, які встановлюються на сходинок. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Під час роботи зі шкідливими та пожежовибухонебезпечними матеріалами, що утворюють вибухонебезпечну пару, приміщення необхідно постійно провітрювати, а також протягом 1 год після закінчення роботи, застосовуючи природну або штучну вентиляцію. Робота з використанням вогню в цих приміщеннях заборонена.

Місця, над якими виконуються скляні чи облицювальні роботи, повинні бути огорожені. Заборонено скління або облицювальні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі одночасно.

Під час виконання робіт із розчинами, що містять хімічні добавки, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (гумові рукавички, захисні мазі, окуляри) відповідно до інструкції заводу-виробника, зважаючи

на склад речовин, що використовуються.

Фасадні системи за конструктивним рішенням і класифікацією повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-34. Суміші та мастики під час виконання опоряджувальних робіт необхідно готувати, як правило, централізовано. Приготування їх, а також розчинової суміші за ДСТУ Б В.2.6-36 на будівельному майданчику необхідно здійснювати у приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією для запобігання перевищенню гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Не допускається застосовувати розчинники на основі бензолу, хлорованих вуглеводнів, метанолу. Під час виконання фарбувальних робіт із застосуванням пневматичних агрегатів необхідно: до початку роботи перевірити справність устаткування тиском, що зазначений у паспорті, сигналізації, наявність захисного заземлення; під час виконання робіт не допускати перегибання шлангів і їх дотику до сталевих канатів, що рухаються; відключати подачу повітря та перекривати повітряний вентиль під час перерви в роботі або у разі виявлення несправностей механізму агрегату.

Тару з вибухонебезпечними матеріалами (лаками, емалями, нітрофарбами тощо) під час перерви в роботі необхідно закривати пробками або кришками, а відкривати інструментом, що не спричиняє іскроутворення. Лакофарбові матеріали необхідно зберігати на робочих місцях у щільно закритій тарі, у кількості, що не перевищує змінну потребу, або в кількості, яка не перевищує ємність фарбо-нагнітального бака або стандартної фляги (40 л). На кожній тарі з лакофарбовим матеріалом, розчинником повинна бути наклейка або бирка з точною назвою матеріалу та зазначенням пожежо-небезпечних властивостей. Порожня тара з-під лакофарбових матеріалів повинна бути щільно закритою і зберігатися на спеціально відведених місцях.

Вогневі роботи (зварювальні тощо) необхідно проводити на відстані не ближче ніж 15 м від відчинених отворів приміщень, в яких виконуються роботи із застосуванням лакофарбових матеріалів, що містять у собі леткі органічні розчинники.

5.1.2 Електробезпека

Тип електромережі: чотирипровідна трифазна 380×220 В, ізольована від землі. Величина напруги і категорія умов з небезпеки електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають [37, 38]: ізоляцію струмопровідних частин; недоступність струмопровідних частин; засоби орієнтації в електроустановках; виконання електроустановок, ізольованих від землі; захисне розділення електричних мереж; компенсацію ємкісних струмів замикання на землю; вирівнювання потенціалів.

Електроінструмент, переносні лампи, знижувальні трансформатори і перетворювачі частоти струму необхідно перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального контуру, цілісність ізоляції живильних проводів та відсутність оголених струмопровідних частин. Переносні трансформатори необхідно перевіряти також на відсутність замикання між обмотками високої і низької напруги.

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [39]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового

випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 5.1. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

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

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: утеплення фасаду будівлі; 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; якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них; встановлено вентиляцію приміщень при проведенні робіт всередині.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [39]. В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний.

Нормовані параметри забруднення повітря для виробничого приміщення [39] наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення та їх гранично допустимі концентрації

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

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [40]. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно

підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пил якнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилу обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [41] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Для забезпечення нормованого значення освітлення у проекті передбачено: використання природного та штучного освітлення; штучне освітлення повинне бути рівномірне та достатньо інтенсивне; світло не повинне створює різких тіней на місцях роботи, значних контрастів між освітленим робочим місцем і навколишньою обстановкою; штучне світло не створює зайвих відблисків у полі зору працівника.

Штучне освітлення в будівлі запроектоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення). Нормовані значення виробничого освітлення наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н\text{пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV		середній	світлий	-	200	4	2,4

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

5.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів.

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

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [42] наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Допустимі рівні 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

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 приміщеннях, де здійснюється монтаж системи забезпечення мікроклімату, потрібно: 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

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються насосні агрегати, вентилятори, дрелі, перфоратори, які відносяться до типу загальної вібрації. Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [43] і наведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

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, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [44, 45]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [46], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [47].

Отже, приміщення, де встановлене обладнання водогрійної котельні для потреб теплопостачання, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості. До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висува-

ються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку [48]. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступіньвогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, костури,сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхо- ві (у т.ч. горючінад підвалами	елементи суміщених покриттів	
	несучіта сходових кліток	самонесучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (перегородки				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	REI120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [48] наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуру-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і

споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник) [48].

Таблиця 5.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, Iva, V
III	8/9	8/12	10/15

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі [49].

Будівлі котельні повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, зокрема ВП-5 (ВВП-5), а в разі площі поверху більше 100 м² кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [49].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розглянута проблема підвищення енергоефективності та екологічності підготовки гарячої води для водогрійної котельні в міжопалювальний період.

Розраховані показники теплової схеми існуючої опалювальної котельні по вул. Пирогова 144. В котельні встановлені два котли по 1600 кВт, в той час як потужність котельні в розрахунковому режимі 1330 кВт, а в літньому 240 кВт. Річна витрата палива складає 564,3 тис.м³. Річні витрати на паливо 6,2 млн.грн, що призводить до середньорічної собівартості теплоти 2011 грн/Гкал.

Проаналізовано варіанти підвищення енергетичної, екологічної та економічної ефективності котельні та виконано техніко-економічне обґрунтування. Виявлено, що встановлення котла на біомасі потребує додаткових заходів з уловлення золи та інших шкідливих викидів, у випадку встановлення електрокотла собівартість значно зростає. А варіант з встановленням теплового насоса «повітря-вода», не дивлячись на невелике збільшення собівартості дозволяє теплоті дозволяє суттєво покращити екологічну ситуацію та досягти зменшення витрат умовного палива.

В роботі розроблено теплову схему котельні з тепловим насосом «повітря-вода» для підготовки ГВП в міжопалювальний період року. Пропонується встановити тепловий насос Aermec NRK 0700, баки акумулятори, циркуляційні насоси, проміжний теплообмінник, трубопроводи, арматуру, систему підживлення.

В роботі спроектовано пластинчастий проміжний теплообмінник потужністю 250 кВт, причому нагрівана вода нагрівається від 10°C до 55°C, а грійний розчин пропіленгліколю охолоджується від 65°C до 50°C. Розрахункова площа теплообміну склала 4,35 м².

В гідравлічному розрахунку визначено витрати тиску обох теплоносіїв в теплообміннику. Виявлено, що втрати тиску грійного теплоносія склали 26 кПа, а втрати тиску нагріваної води 2,6 кПа.

В роботі розроблено технологію монтажу пластинчастого проміжного теплообмінника контура теплового насосу. Визначено, що маса основного обладнання і матеріалів склала 2429,1 кг, а допоміжного – 440,8 кг. Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах і механізмах. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 327,45 кг.

В розділі «Охорона праці» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розроблені технічні рішення з пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
2. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. Київ: Вища школа, 1992. 280с.
3. ДБН В 2.5–77:2014. Котельні : [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 65 с.
4. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації : [Чинний від 2009-01-24]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2009. 56 с.
5. ДСТУ Б А.2.4-9:2009. Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів : [Чинний від 2009-01-24]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2009. 12 с.
6. Програма автоматичного підбору насосів Wilo. URL: <https://select.wilo.com/Region.aspx?ReturnUrl=%2fStartMain.aspx> (дата звернення 02.06.2024)
7. Шилов Е.Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник / Шилов Е. Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
8. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
9. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика та ін.; за заг. Ред. А. С. Мандрики. Суми : Сумський державний університет, 2021. 330 с.
10. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник /За ред. Г. Гелетухи. Київ: «Поліграф плюс», 2016. 104 с.

11. Степанов Д.В., Сулима О. К. Ефективність застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в схемах котелень на різних паливах //Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. 2018. №1. С.117-121.
12. HEAT PUMPS. NRK. URL : https://global.aermec.com/en/products/product-sheet/?Code=NRK_1507_HP (дата звернення 02.06.2024 р).
13. Теплофізичні властивості розчину пропіленгліколю. URL: <https://teplopolis.com.ua/ua/teplofizichni-vlastivosti-vodnogo-rozchinu-propilenglikolju/> (дата звернення 03.06.2024).
14. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Навч.посіб. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
15. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.
16. Співак О. Ю. , Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
17. Ткаченко С. Й. , Боднар Л. А. , Резидент Н. В. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки». Вінниця : ВНТУ, 2019. 55 с.
18. Пішенін В. О., Пішеніна Н. В. Основи конструювання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 87 с.
19. ДСТУ 8936:2019. Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. : Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 20 с. (Національні стандарти України). URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення 02.06.2024 р)
20. Насос Wilo-CronoLine-IL-E. URL : <https://unitechbau.kiev.ua/nasos-wilo-cronoline-il-e/> (дата звернення 02.06.2024 р).
21. Бак розширювальний 500 л, 1", 6 бар, вертикальний WILO-H. URL : <https://b2b.teploarmatura.com/baki-membranni/bak-rozshiryuvalniy-500-l-1-6-bar-vertikalniy-wilo-h/> (дата звернення 02.06.2024 р).

22. Базальтова шкаралупа, циліндри базальтові з фольгою. URL: <https://ukrizol.xyz/ua/g104775381-bazaltovaya-skorlupa-bazaltovye> . (дата звернення 02.06.2024 р).
23. 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 02.06.2024 р).
24. 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 02.06.2024 р)
25. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). – [Чинний від 2022-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення 02.06.2024 р).
26. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та тепло-технологічного обладнання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.
27. Бортовий автомобіль DFH 1160 B. URL: <https://dongfeng-trucks.com.ua/uk/bortovi-avtomobili/bortovyj-avtomobil-dfh-1160-b>. (дата звернення 02.06.2024 р).
28. Зварювальний апарат інверторний APRO MMA-280 LV. URL: <https://svarmax.com.ua/ua/svarochnyj-apparat-invertornyj-apro-mma-280-lv>. (дата звернення 02.06.2024 р).
29. ЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРЕСУВАЛЬНИК MGF 250BAR, 13L. URL: <https://pipetools.com.ua/ua/p749374129-elektricheskij-opressovschik-mgf.html>. (дата звернення 02.06.2024 р).

30. Лебідка монтажна ЛМ-1 (1 т) URL: <https://ukrpromgroup.com.ua/ua/p579929948-lebedka-montazhnaya.html>. (дата звернення 02.06.2024 р).
31. Візок гідравлічний палетний Staxx BF25(550PD)-H. URL: <https://kozakplus.ua/products/transport-store-equipment/hand-pallet-truck/pwh25-ii>. (дата звернення 02.06.2024 р).
32. Перфоратор Einhell TH-RH 1600. URL: https://sea-tools.com.ua/item/perforator_einhell_th-rh_1600. (дата звернення 02.06.2024 р).
33. Шліфмашина кутова SPARKY M 2200 (HD). URL: https://electrica-shop.com.ua/ua/p23084-shlifmashina_kutova_sparky_m_2200_hd_bolgarka. (дата звернення 02.06.2024 р).
34. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
35. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (дата звернення 02.06.2024 р)
36. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мін-регіонбуд України, 2009. 116 с.
37. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
38. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 02.06.2024 р)

39. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення 02.06.2024 р)
40. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
41. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
42. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infravzuku-nor4878.html>. (дата звернення 02.06.2024 р)
43. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення 02.06.2024 р)
44. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.
45. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.
46. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.
47. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.
48. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.
49. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

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

Назва роботи: Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144
в місті Вінниця

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

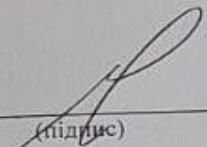
Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

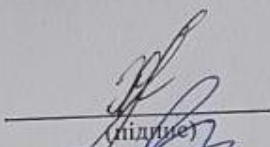
Оригінальність 71,6 Схожість 28,4

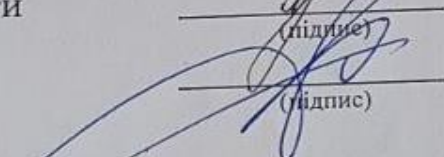
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

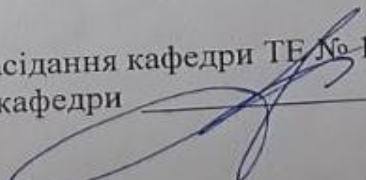
Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи  Харькова А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Степанов Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

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

ДОДАТОК Б (обов'язковий)



ПОГОДЖЕНО

Директор ТОВ, Довідник

Григоренко М.В.

03

2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри теплоенергетики

доц., к.т.н. Д.В. Степанов

«14» 03

2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

тема:

«Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144
в місті Вінниця»

08-15.БДР.019.00.00.000 ТЗ

Керівник к.т.н., доц.

Дмитро СТЕПАНОВ

(підпис)

Розробила студентка гр. ТЕ-22мсз

Аліна ХАРЬКОВА

(підпис)

Вінниця 2024

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується комунальної теплоенергетики та галузі використанням відновлюваного джерела енергії – теплоти атмосферного повітря. Робота спрямована на зменшення використання викопних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище, впровадження відновлюваної енергетики в житлово-комунальному секторі, а саме використання теплоти атмосферного повітря за допомогою теплових насосів для покриття потреб споживачів у теплоті для систем гарячого водопостачання. Енергетичний, економічний та екологічний ефект досягається за рахунок використання енергоефективного, економічного та екологічно чистого теплоенергетичного обладнання для централізованого теплопостачання.

2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення енергоефективності та екологічності водогрійної котельні в міжопалувальний період шляхом встановлення теплонасосної установки «повітря-вода».

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є дані про споживання теплоти на гаряче водопостачання, режимні параметри роботи системи гарячого водопостачання, технічні дані теплових насосів, а також нормативні дані по кліматології, нормативи по теплоносіях, трубопроводах, теплоізоляції, допоміжному обладнанню, технології монтажу, інші дані наведені в теплоенергетичних джерелах::

1. Степанов Д. В., Степанова Н.Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. №1. С.118-122.
2. HEAT PUMPS. NRK. URL : https://global.aermec.com/en/products/product-sheet/?Code=NRK_1507_HP (дата звернення 13.03.2024 р).
3. Степанов Д.В., Сулима О. К. Ефективність застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в схемах котелень на різних паливах //Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. 2018. №1. С.117-121.

4. Теплофізичні властивості розчину пропіленгліколю. URL: <https://teplo-polis.com.ua/ua/teplofizichni-vlastivosti-vodnogo-rozchinu-propilenglikolju/> (дата звернення 13.03.2024).

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 80 від 11.03.2024 р. Основою для розробки є детальний аналіз характеристик опалювальної водогрійної котельні, температурних режимів її роботи та можливостей впровадження теплонасосних установок для підготовки гарячого водопостачання. Це дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенне навантаження на навколишнє середовище.

5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення системи гарячого водопостачання теплотою з визначеними параметрами: потужністю, витратою, температурою, тиском.

5.2 Забезпечення контуру теплонасосної установки лініями підживлення та акумулювання.

5.3 Застосування для вироблення теплової енергії відновлюваної низькотемпературної теплоти атмосферного повітря.

5.4 Розробити техніко-економічне обґрунтування вибору джерела енергії для підготовки гарчої води в міжопалювальний період, використовуючи дані про сучасні технології теплопостачання та обладнання, спроектувати високоефективний швидкісний пластинчастий теплообмінник для передачі теплоти від теплового насоса до системи гарячого водопостачання.

5.5 Розроблення елементів документації для монтажу теплообмінника потужністю 250 кВт для системи гарячого водопостачання

6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувати джерела теплоти для підготовки гарячого водопостачання, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусконаладжувальні роботи та підготовку кадрів, обрати найбільш раціональний варіант.

7 Заходи з енергозбереження

7.1 На трубопроводах холодної води та теплоти від теплового насоса необхідно встановити лічильники води та теплової енергії.

7.2 Необхідно виконати теплоізоляцію всіх трубопроводів котельні згідно вимог нормативних документів.

7.3 Використовувати автоматичне регулювання головних параметрів роботи системи, а саме відпуск теплоти на гаряче водопостачання, підтримання визначеного температурного режиму.

7.4 Організувати роботу теплового насосу з максимально можливим коефіцієнтом перетворення та сезонним коефіцієнтом енергоефективності SEER, зменшеним температурним рівнем в конденсаторі та мінімальними викидами в атмосферу шкідливих речовин.

7.5 Використовувати насосне обладнання з регулюванням кількості обертів

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

9 Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання котельні впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

10 Стадії і етапи розробки

- розрахунок теплової схеми існуючої котельні;
- багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування встановлення теплонасосної установки в опалювальній котельні;
- розробка пластинчастого теплообмінника потужністю 250 кВт;
- розробка технології монтажу теплообмінника гарячого водопостачання;
- розробка заходів з охорони праці;
- перевірка на плагіат. Нормоконтроль.

11 Порядок контролю і прийому розробки

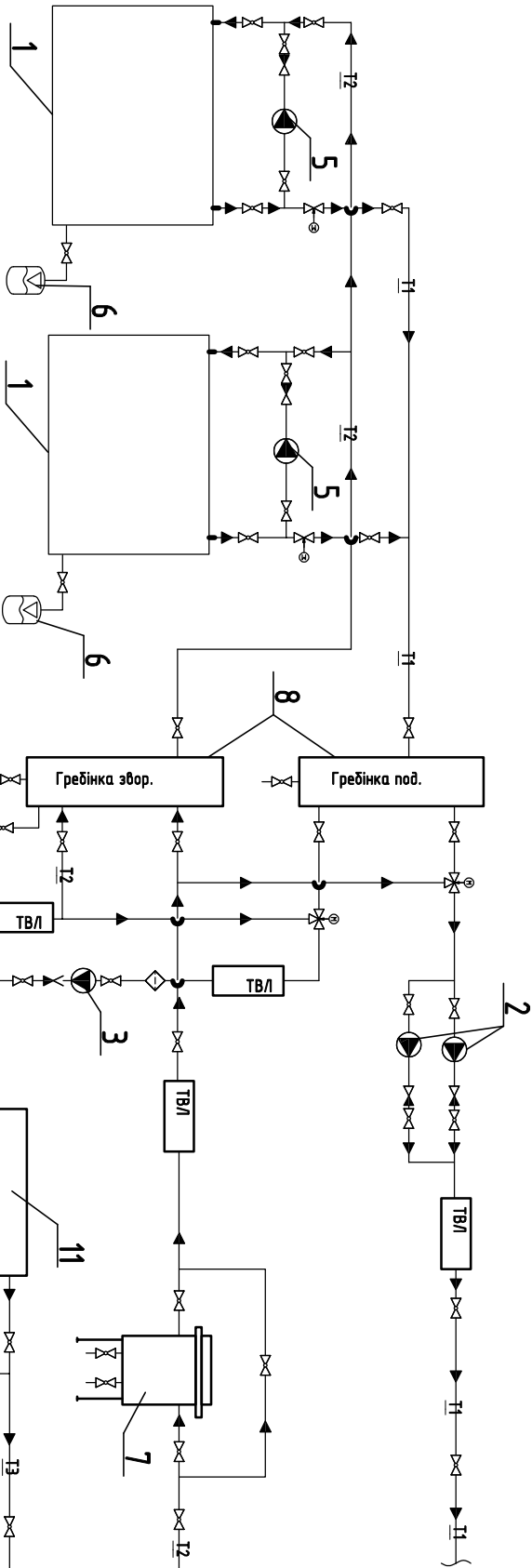
Контроль за виконанням розробки здійснює дипломний керівник відповідно встановленим термінам. Прийом розробки відбувається на попередньому і заключному етапах захисту за участі екзаменаційної комісії.

ДОДАТОК В (обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

«Теплонасосна установка на котельні по вулиці Пирогова, 144
в місті Вінниця»

Інв. N ориг.		Підпис і дата		Замість Інв. N		Погоджено:			

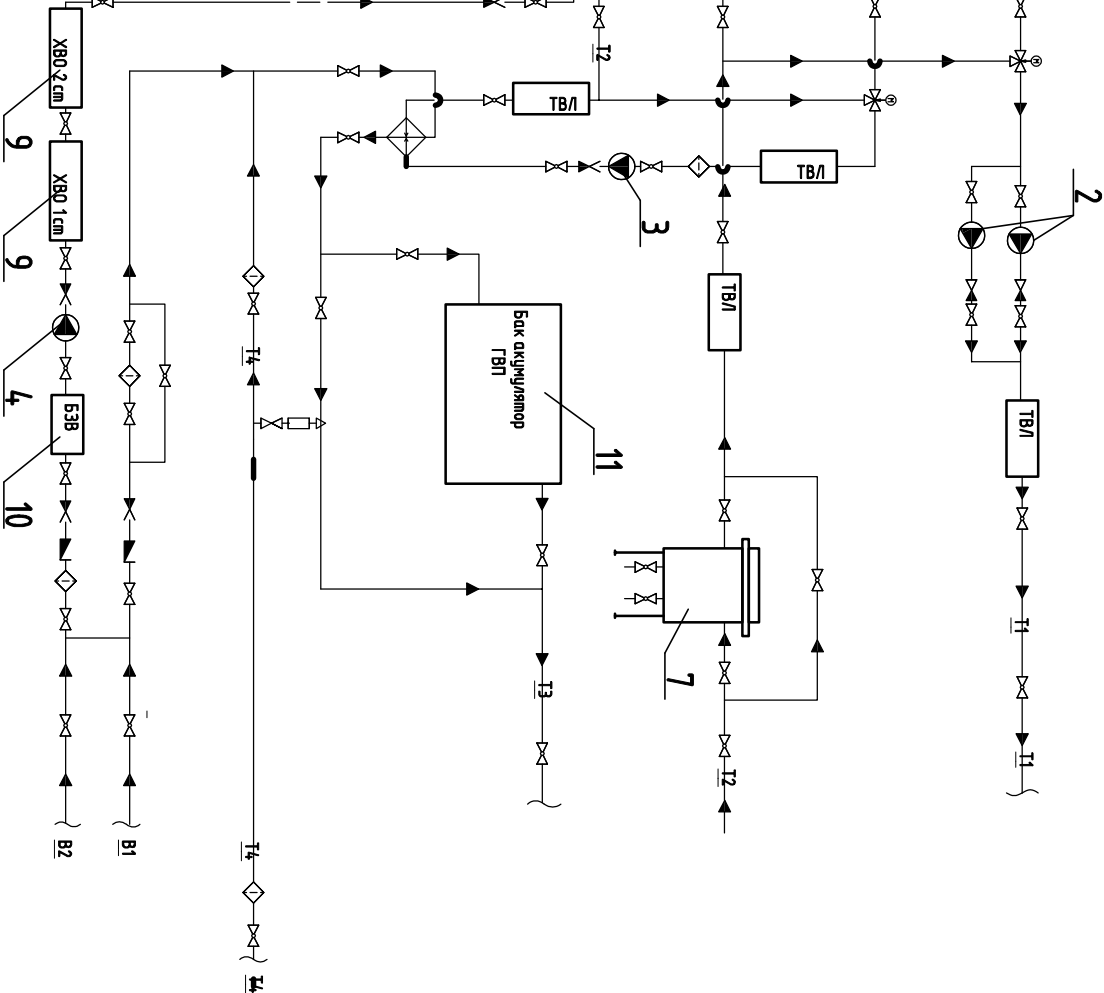


Умовні позначення трубопроводів

- T1 — подавальний трубопровід системи опалення
- T2 — зворотній трубопровід системи опалення
- T3 — трубопровід гарячого водопостачання
- T4 — циркуляційний трубопровід гарячого водопостачання
- B1 — господарсько-питний водопровід

Умовні позначення

- — насос циркуляційний
- ⊖ — манометр
- ⊕ — реле тиску
- ⊖ — термометр
- ⊖ — регулятор температури
- ⊖ — датчик температури
- ▽ — перехід
- ▲ — лічильник води
- ⊖ — запобіжний клапан
- ⊖ — регулювальний клапан ЗХ-У
- ⊖ — регулювальний клапан ЗХ-У
- ⊖ — клапан зворотній
- ⊖ — кран кувальдовий
- ◇ — фільтр сітковий
- ⊖ — бак розширювальний
- ⊖ — теплообмінник пластинчастий
- ⊖ — електронапір
- ⊖ — клапан перепадний
- ⊖ — межа проектування



																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

[illegible]



Умовні позначення трубопроводів

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 21 | подвійний трубопровід системи опалення | 24 | циркуляційний трубопровід гарячого водопостачання |
| 22 | зворотній трубопровід системи опалення | 25 | застарілого-пийний трубопровід |
| 23 | трубопровід гарячого водопостачання | 26 | дренаж |

Умовні позначення

- [illegible]

08-15.5LP.019.02.00.000 T3

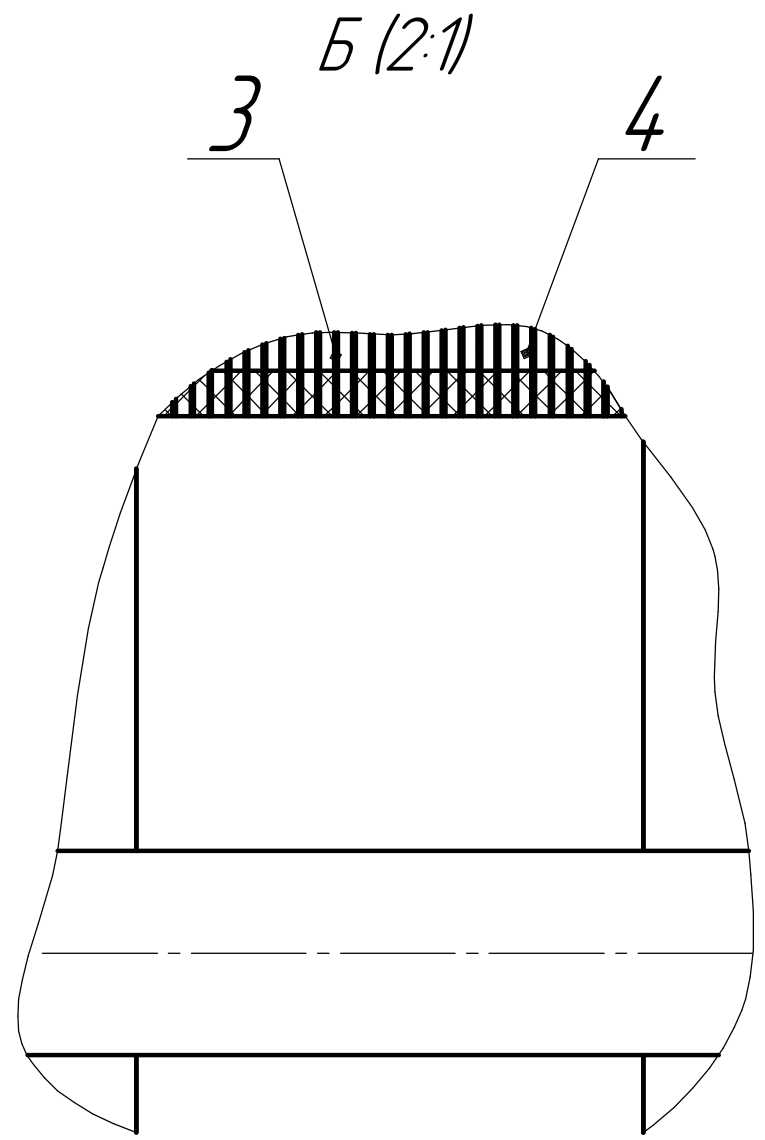
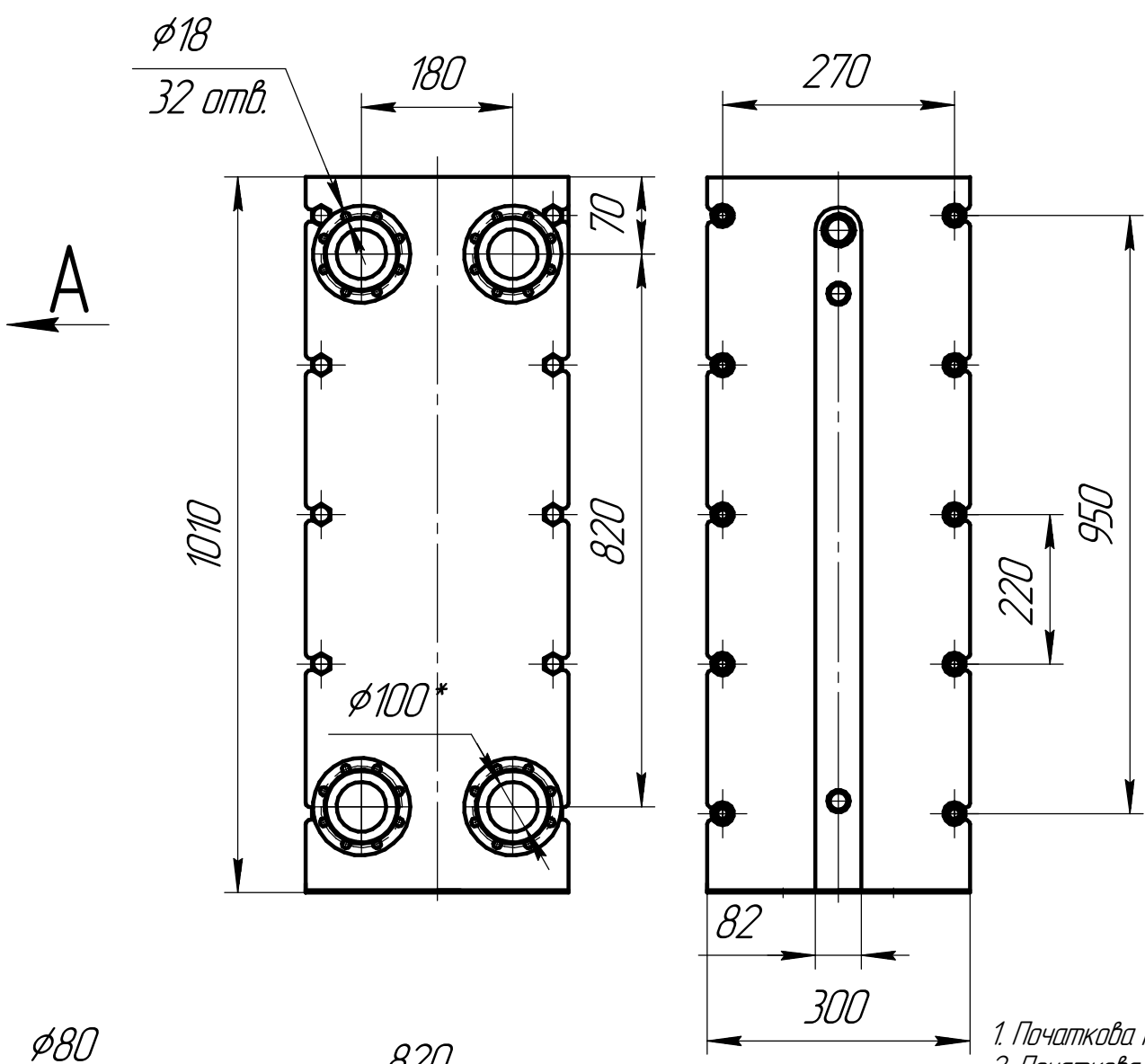
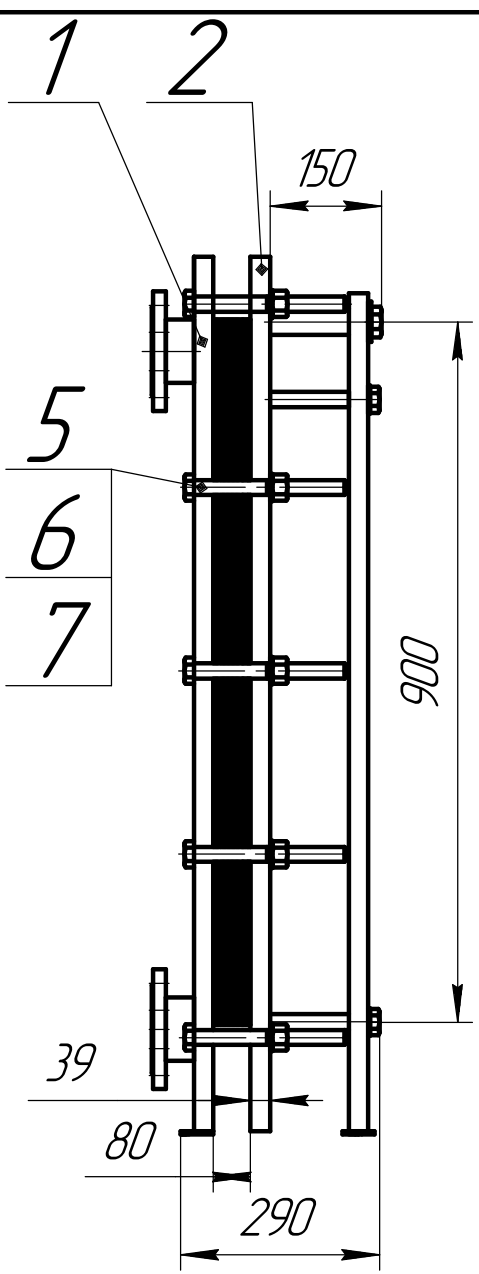
Схема котельной 3

темнонасосную установку
темнода принцип

[illegible]

[illegible]

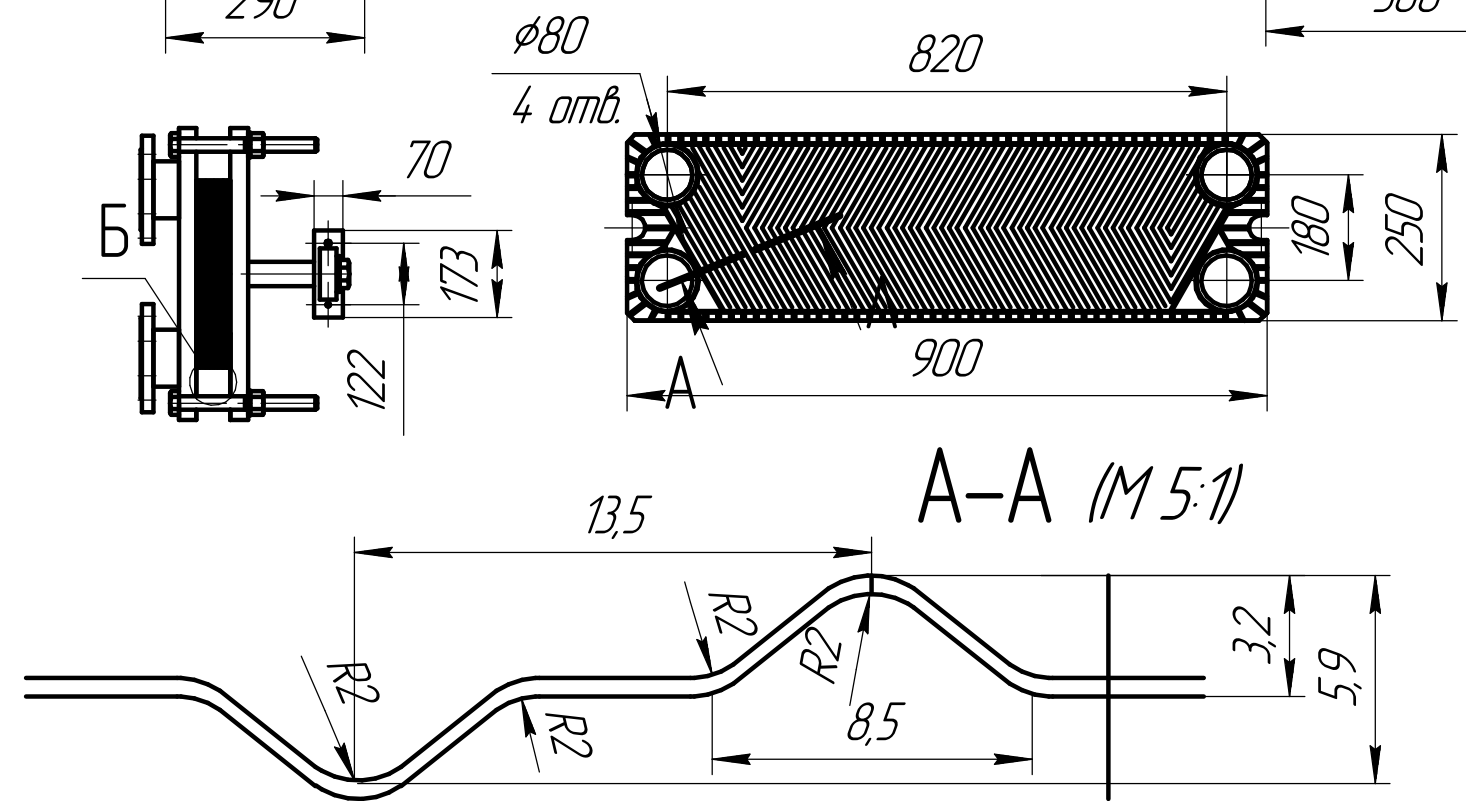
Перв. примен.		08-15.БДР.019.03.00.000 СК	
Справ. №			
Подп. и дата			
Взам. инв. №			
Инв. № дубл.			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			



Технічна характеристика

- | | |
|---|---------|
| 1. Початкова температура "гарячого" теплоносія | 65 °C |
| 2. Початкова температура "холодного" теплоносія | 10 °C |
| 3. Кінцева температура "гарячого" теплоносія | 50 °C |
| 4. Кінцева температура "холодного" теплоносія | 55 °C |
| 5. Площа теплообміну однієї пластини | 0,15 м² |
| 6. Кількість пластин в теплообміннику | 29 шт. |
| 7. Товщина пластин теплообмінника | 0,6 мм |
| 8. Теплова потужність теплообмінника | 250 кВт |

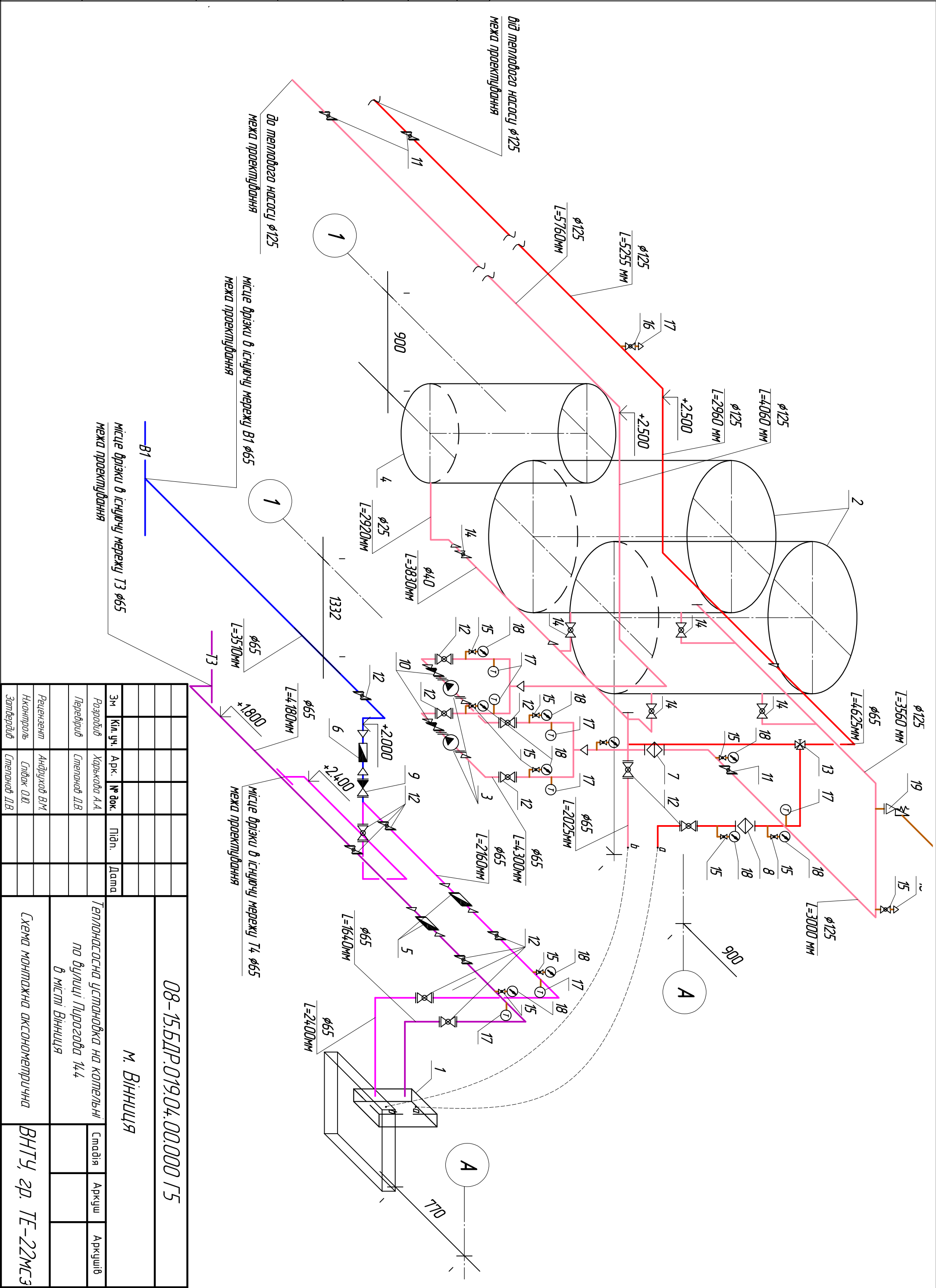
* Розміри для довідок



08-15.БДР.019.03.00.000 СК				Лит. Масса Масштаб		
Теплообмінник-пластинчастий потужністю 250 кВт складальне креслення				Лист Листов		
ВНТУ зр. ТЕ-22МСЗ				Формат А3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Харькова А.А.					
Пров.	Степанов Д.В.					
Т.контр.						
Рецензент	Андрухов В.М.					
Н.контр.	Співак О.Ю.					
Утв.	Степанов Д.В.					

Копировал

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



[illegible]