

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

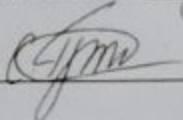
Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

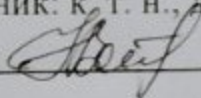
на тему:

«Відновлювані джерела енергії в системі теплопостачання
адміністративної будівлі»

Виконав: здобувач 2 курсу мс, гр. ТЕ-23мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

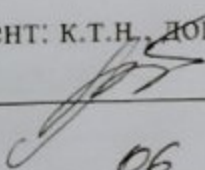
 Григоренко С.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

 Резидент Н.В.
(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА

 Бондар А.В.
(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2025 р.


Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

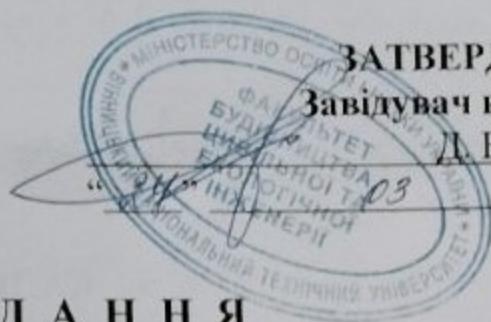
к.т.н., доц. Д. В. Степанов
(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Дніпровський національний технічний університет
факультет
кафедра
сфери вищої освіти
сфери знань
спеціальність
світньо-професійна програма

будівництва, цивільної та екологічної інженерії
теплоенергетики
перший (бакалаврський)
14 Електрична інженерія
144 Теплоенергетика
Теплоенергетика



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Д. В. Степанов

2025 року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Григоренку Сергію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Відновлювані джерела енергії в системі теплопостачання адміністративної будівлі»

керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2025 року № 97.

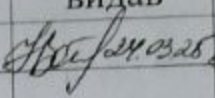
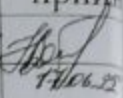
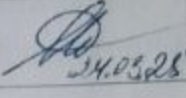
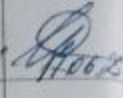
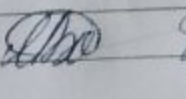
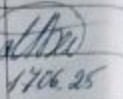
2. Строк подання здобувачем роботи 10.06.2025

3. Вхідні дані до роботи: розрахункова потужність системи опалення $P_{op} = 200$ кВт; система закрита; температурний графік мережі 80/60°C; температура води після ХВО 5°C; паливо – природний газ; тривалість опалювального періоду 189 діб.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика об'єкта; розрахунки показників роботи котельні до та після модернізації; розрахунки теплообмінника; технологія монтажу обладнання що встановлюється; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план існуючої котельні на відм. 0.000; схема котельні модернізована тепловою; план котельні на відм. 0.000 після модернізації; теплообмінник (складальне креслення); схема монтажна аксонометрична.

3. Консультанти розділів роботи

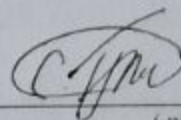
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Резидент Н. В., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	 24.03.25	 24.03.25
5	Кобилянська І.М., к.пед.н., доц., доцент кафедри БЖДПБ	 24.03.25	 24.03.25
Н.контроль	Боднар Л.А., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	 24.03.25	 24.03.25

4. Дата видачі завдання 24.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальна характеристика об'єкта	25.03.25...27.03.25	вик.
2	Аналіз показників роботи котельні до та після модернізації	28.03.25...05.04.25	вик.
3	Розрахунки теплообмінника	06.04.25...18.04.25	вик.
4	Технологія монтажу обладнання, що встановлюється	19.04.25...06.05.25	вик.
5	Охорона праці	07.05.25...20.05.25	вик.
6	Оформлення БКР	21.05.25...30.05.25	вик.
7	Попередній захист БКР	31.05.25...10.06.25	вик.
8	Захист БКР	11.06.25...21.06.25	вик.

Здобувач

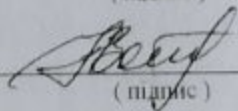


(підпис)

Григоренко

(прізвище та ініціали)

Керівник БКР



(підпис)

Резидент Н.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Григоренко С.О. Відновлювані джерела енергії в системі теплопостачання адміністративної будівлі. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2025. 61 с.

Бібліогр.: 51 назв.; табл. 15.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблені принципові рішення щодо зменшення собівартості виробництва теплової енергії та зменшення шкідливого впливу на довкілля водогрійної котельні шляхом заміщення природного газу відновлюваними джерелами енергії. Проаналізовано показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою, техніко-економічними показниками обґрунтована доцільність переведення котельні на тверду біомасу. В конструктивній частині виконано тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунки теплообмінника буферної ємності. У технологічній частині розроблено технологію монтажу установки енергетичної УЕАС-160. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання трубопроводів та відомості на виконання робіт. Ілюстративна частина містить 6 креслень. Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

Ключові слова: водогрійна котельня, тверда біомаса, відновлювані джерела енергії.

ABSTRACT

Grygorenko S.O. Renewable energy sources in the heating system of an administrative building. Bachelor thesis on specialty 144 – Thermal power engineering, educational program – Thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 61 p.

Bibliography: 51 titles; table 15.

The bachelor's qualification work developed fundamental solutions to reduce the cost of thermal energy production and reduce the harmful impact on the environment of a water-heating boiler house by replacing natural gas with renewable energy sources. The performance of the boiler house under the existing thermal scheme was analyzed, the feasibility of converting the boiler house to solid biomass was substantiated by technical and economic indicators. In the constructive part, thermal, structural and hydraulic calculations of the buffer tank heat exchanger were performed. In the technological part, the installation technology of the UEAS-160 power plant has been developed. The equipment layout has been completed, pipeline laying schemes and work instructions have been developed. The illustrative part contains 5 drawings. Working conditions have been analyzed, measures to improve working conditions and technical solutions for fire safety have been considered.

Key words: hot water boiler room, solid biomass, renewable energy sources.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	6
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ	7
2.1 Розрахунок існуючої теплової схеми котельні	7
2.2 Розрахунки діаметрів трубопроводів	14
2.3 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою.....	16
2.4 Показники роботи котельні на біомасі та з тепловим насосом.....	19
3 РОЗРАХУНОК БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ З ТЕПЛООБМІННИКОМ	24
3.1 Тепловий розрахунок	24
3.2 Конструктивний розрахунок	30
3.3 Гідрравлічний розрахунок	32
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ УСТАНОВКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УЕАС-160.....	34
4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу	34
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт	36
4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	37
4.4 Вибір та обґрунтування методів для виконання монтажних робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій	41
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	44
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	48
5.3 Пожежна безпека.....	51
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки БКР на наявність текстових запозичень	62

Додаток Б (обов'язковий) Технічне завдання	63
Додаток В (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	66

ВСТУП

Протягом багатьох років основними джерелами теплової енергії залишалися викопні види палива, серед яких – вугілля, торф, нафта та природний газ. Ці джерела прийнято називати традиційними. Проте з часом з'явилися суттєві проблеми, пов'язані з їх використанням. Найбільш вагомими з них такі:

- обмеженість запасів викопного палива (споживання відбувається швидше, ніж його природне відновлення);
- зростання вартості традиційних енергоносіїв (особливо помітне в останні десятиліття);
- екологічні проблеми (пов'язані як з переробкою і використанням викопного палива, так і з відходами атомної енергетики).

З огляду на ці недоліки вже понад п'ятдесят років активно ведуться науково-технічні дослідження та розробки, спрямовані на впровадження нетрадиційних, відновлювальних джерел енергії. Особливо інтенсивними такі роботи стали в сімдесятих роках минулого століття, що було пов'язано з наслідками світової енергетичної кризи [1, 2].

В умовах глобального дефіциту енергетичних ресурсів надзвичайно важливою стає диверсифікація та розширення джерел енергії. Це досягається завдяки впровадженню альтернативної енергетики. Упродовж останніх років альтернативні джерела енергії набули статусу одного з ключових критеріїв сталого розвитку суспільства. Сьогодні активно ведуться пошуки нових технологій, удосконалюються вже існуючі рішення, їхнє доведення до економічно вигідного рівня та впровадження у різні сфери економіки.

В Україні потенціал відновлюваних джерел енергії наявний практично на всій території країни. Основними напрямками розвитку в цій галузі є вітроенергетика, сонячна енергетика, малі гідроелектростанції, біоенергетика, геотермальна енергетика та енергетика, що використовує навколишнє середовище.

Альтернативна енергетика здатна допомогти у вирішенні питань енергоефективності та забезпечення екологічної безпеки в Україні. Модернізація економіки країни значною мірою може стимулювати розвиток альтернативної енергетики, сприяти впровадженню принципів сталого розвитку і високих світових стандартів господарської діяльності. З огляду на це, питання зменшення енергетичної залежності держави та формування основ її енергетичної безпеки стають вкрай важливими напрямками для розвитку національної економіки [3].

Мета бакалаврської кваліфікаційної роботи – заміщення викопних видів палива та зменшення шкідливого впливу котельні на довкілля шляхом впровадження відновлюваних джерел енергії в системі теплопостачання адміністративної будівлі.

Завдання бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- виконати розрахунки котельні за існуючою тепловою схемою;
- визначити техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі та з відновлюваними джерелами енергії;
- виконати тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунок теплообмінника;
- розробити технологію монтажу обладнання, що встановлюється;
- розробити заходи з охорони праці.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

Водогрійна котельня знаходиться по вул. Г. Успенського, 83 в м. Вінниця, яка запроектована для теплопостачання адміністративної будівлі. В котельні встановлене таке обладнання:

- 2 модулі нагріву МН-100еко виробника «Укрінтерм»;
- обладнання для водопідготовки DHF-30/1-F;
- компенсатори об'єму.

Модулі нагріву – це проточні безінерційні газові апарати (водонагрівники) в шафному виконанні, які здійснюють нагрівання води в системі опалення. В них використовуються спеціальний пальник і теплообмінник, що дозволяє збільшити теплову потужність, коефіцієнт корисної дії, а також значно знизити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Технічні характеристики модулів нагріву показані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики модулів нагріву [4]

Назва	Одиниця вимірювання	Модулі нагріву		
		МН-80е	МН-100е	МН-120е
Номінальна теплопродуктивність	кВт	80	100	120
Тип палива	-	Природний газ		
Коефіцієнт корисної дії	%	92		
Номінальний тиск газу	кПа	1,96		
Максимальний робочий тиск теплоносія	МПа	0,6		
Максимальна температура теплоносія	°С	95		
Температура продуктів згорання, не менше >	°С	110		
Максимальна електрична потужність	кВт	0,3	0,4	0,4

Теплоносій в системі теплопостачання – вода з температурою 80/60°С. Номінальна встановлена потужність котельні $Q = 200$ кВт. Заповнення і підживлення системи теплопостачання здійснюється хімічно очищеною водою після обладнання для водопідготовки.

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Розрахунок існуючої теплової схеми котельні

Початкові дані:

- теплова потужність для потреб опалення $Q_{оп} = 200$ кВт;
- температура прямої мережної води $t'_{пр} = 80$ °С;
- температура зворотної мережної води $t'_{зв} = 60$ °С;
- температура сирі води $t_{св} = 5$ °С;
- коефіцієнт корисної дії теплообмінників 0,96.

Теплову схему розраховуємо за методикою [5].

Витрата мережної води

$$G_{TM} = Q_{оп} / [c_v \cdot (t'_{пр} - t'_{зв}) \cdot \eta_{то}], \quad (2.1)$$

$$G_{TM} = 200 / [4,19 \cdot (80 - 60) \cdot 0,96] = 2,48 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{дв} = G_{TM} \cdot \alpha_{втр}, \quad (2.2)$$

$$G_{дв} = 2,48 \cdot 0,005 = 0,0124 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата підживлювальної води

$$G_{пм} = G_{дв}, \quad (2.3)$$

$$G_{пм} = 0,0124 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата сирії води

$$G_{cb} = G_{дв} \cdot 1,2, \quad (2.4)$$

$$G_{cb} = 0,0124 \cdot 1,2 = 0,01488 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води перед мережним насосом МН

$$G_{мн} = G_{тм} \cdot (1 - \alpha_{втр}) + G_{пм}, \quad (2.5)$$

$$G_{мн} = 2,48 \cdot (1 - 0,005) + 0,0124 = 2,48 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{рец} = (G_{мн} \cdot (t_k' - t_{мн})) / (t_k'' - t_k') = 0. \quad (2.6)$$

Витрата мережної води в котлі

$$G_k = G_{мн} - G_{пер}, \quad (2.7)$$

$$G_k = 2,48 - 0 = 2,48 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t_k'' - t_k') \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

$$Q_k = 2,48 \cdot 4,19 \cdot (80 - 60) \cdot 10^{-3} = 0,208 \text{ (МВт)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = Q_k / (Q_{H^p} \cdot \eta), \quad (2.9)$$

$$B_y = 0,208 / (29,3 \cdot 0,89) = 0,0079 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата робочого палива

$$B_p = Q_k / (Q_{H^c} \cdot \eta), \quad (2.10)$$

$$B_p = 0,208 / (33,5 \cdot 0,89) = 0,0069 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД системи теплопостачання по відпуску теплоти

$$\eta_{\text{кот}} = (Q_{\text{оп}} / (B_y \cdot Q_{H^p})), \quad (2.11)$$

$$\eta_{\text{кот}} = 0,2 / (0,0079 \cdot 29,3) = 0,864.$$

Розрахунки котельні для середньоопалювального періоду.

Температура зовнішнього повітря для розрахунків у м. Вінниця – $t_{\text{зн.о}} = -21^\circ\text{C}$ (опалення), для системи вентиляції $t_{\text{зн.о}} = -10^\circ\text{C}$ [6]. Температура мережної води в трубопроводах мережної води для температури зовнішнього повітря в опалювальний період $t_{\text{зн}} = -1,1^\circ\text{C}$. Температурний графік котлової води – $t''_{\text{кв}}/t'_{\text{кв}} = 80/60^\circ\text{C}$. Внутрішня розрахункова температура опалювальних приміщень $t_{\text{вн.р.}} = 21^\circ\text{C}$ [6].

Потужність котельні для середньо-опалювального періоду

$$\frac{Q'_o}{Q_o} = \frac{t_{\text{вн}} - t'}{t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}}, \quad (2.12)$$

$$\frac{Q_{\text{соп}}}{Q_{\text{оп}}} = \frac{21 + 1,1}{21 - (-21)} = 0,5146$$

звідки

$$Q_{\text{соп}} = 0,5146 Q_{\text{оп}} = 0,5146 \cdot 200 = 102,9 \text{ (кВт)}.$$

Різниця температур опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_o = \frac{t''_{\text{кв}} + t'_{\text{кв}}}{2} - t_{\text{вн.п}}, \quad (2.13)$$

$$\Delta t_o = \frac{80 + 60}{2} - 21 = 49 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Різниця температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_o = t''_{\text{кв}} - t'_{\text{кв}}, \quad (2.14)$$

$$\Delta \tau_o = 80 - 60 = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Різниця температур води в системі для розрахункового режиму

$$\Theta_o = \Delta \tau_o = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура в трубопроводі прямої мережної води для $t_{\text{зн}}$

$$\tau_1 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta \tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (2.15)$$

$$\tau_1 = 21 + 49 \cdot 0,5146^{0,8} + (20 - 0,5 \cdot 20) \cdot 0,5146 = 54,9 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура в трубопроводі зворотної мережної води для $t_{3н}$

$$\tau_2 = t_{в.р} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{оп}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (2.16)$$

$$\tau_2 = 21 + 47 \cdot 0,5146^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \cdot 0,5146 = 43,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Отже, розрахунки теплової схеми котельні виконаємо для температурного графіка мережної води $t_{пмв}/t_{змв} = 55/45^\circ\text{C}$.

Витрата мережної води

$$G_{мв}^{соп} = \frac{Q_{соп}}{C_p (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (2.17)$$

$$G_{мв}^{соп} = \frac{102,9}{4,176(55 - 45)} = 2,46 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{дв} = G_{тм} \cdot \alpha_{втр}, \quad (2.18)$$

$$G_{пж} = 2,46 \cdot 0,005 = 0,0123 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата підживлювальної води

$$G_{пм} = G_{дв}, \quad (2.19)$$

$$G_{пм} = 0,0123 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата сирій води

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot 1,2, \quad (2.20)$$

$$G_{\text{св}} = 0,0123 \cdot 1,2 = 0,01476 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води

$$G_{\text{зв}} = G_{\text{тм}} - G_{\text{пж}}, \quad (2.21)$$

$$G_{\text{зв}} = 2,46 - 0,0123 = 2,4477 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії перепускання системи опалення

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{оп}} \cdot \frac{t''_{\text{кв}} - t_{\text{пр}}}{t''_{\text{кв}} - t_{\text{зв}}}, \quad (2.22)$$

$$G_{\text{пер}} = 2,46 \cdot \frac{80 - 55}{80 - 45} = 1,757 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води через котли

$$G_{\text{кв}} = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}}, \quad (2.23)$$

$$G_{\text{кв}} = 2,46 - 1,757 = 0,703 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{кв}} \cdot C_p \cdot (t''_{\text{кв}} - t'_{\text{кв}}), \quad (2.24)$$

$$Q_{\text{кот}} = 0,703 \cdot 4,187 \cdot (80 - 45) = 103,02 \text{ (кВт)}.$$

Витрата палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (2.25)$$

$$B_p = \frac{103,02}{33500 \cdot 0,89} = 0,00346 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{103,02}{29300 \cdot 0,89} = 0,00395 \text{ (кг/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta = \frac{Q_{\text{соп}}}{B_y \cdot Q_{\text{нy}}^p}, \quad (2.26)$$

$$\eta = \frac{102,9}{0,00395 \cdot 29300} = 0,889.$$

Результати розрахунків зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники роботи котельні в опалювальний та середньоопалювальний періоди року

Величина	Позначення	Розмірність	Опалювальний $t_{nc} = -21^{\circ}\text{C}$	Середньо-опалювальний $t_{nc} = -1^{\circ}\text{C}$
Теплова потужність котельні	Q	кВт	200	102,9
Витрата мережної води	G_{TM}	кг/с	2,48	2,46
Витрата додаткової води	$G_{дв}$	кг/с	0,0124	0,0123
Витрата підживлювальної води	$G_{пм}$	кг/с	0,0124	0,0123
Витрата сирі води	$G_{св}$	кг/с	0,01488	0,01476
Витрата мережної води перед мережним насосом	$G_{мн}$	кг/с	2,48	2,46
Витрата води в лінії перепуски	$G_{пер}$	кг/с	0	1,757
Витрата води в котлі	G_k	кг/с	2,48	0,702
Теплова потужність котельні	Q_k	кВт	208	103,02
Витрата умовного палива в котлі	B_y	кг/с	0,0079	0,00395
Витрата робочого палива в котлі	B_p	кг/с	0,0069	0,00346
ККД системи тепlopостачання по відпуску теплоти	$\eta_{кот}$	%	86,4	88,9

2.2 Розрахунки діаметрів трубопроводів

Діаметри трубопроводів з розрахункових максимальних витрат, а також допустимих швидкостей води [7]

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\rho\pi w}}, \quad (2.27)$$

де G – масова витрата води, кг/с;

w – середня швидкість води, м/с;

ρ – середня густина води (кг/м³).

Рекомендована швидкість води – 0,5...2 м/с, причому, чим більша довжина трубопроводу, тим менша швидкість води в ньому.

Трубопровід сирої води.

Задаємося швидкістю води в трубі $w = 1$ м/с.

Витрата води в трубопроводі прямої і зворотної мережної води

$$G = 2,48 \text{ (кг/с)}.$$

Діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,48}{980 \cdot 3,14 \cdot 0,9}} = 0,059 \text{ (м)}.$$

Вибираємо трубу діаметром $\varnothing 76 \times 3$ мм [7].

Дійсна швидкість води в трубі

$$W = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}, \quad (2.28)$$

$$W = \frac{4 \cdot 2,48}{3,14 \cdot 0,07^2 \cdot 980} = 0,66 \text{ (м / с)}.$$

Дані розрахунку діаметрів інших трубопроводів наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Діаметри трубопроводів

Трубопровід	Витрата води, кг/с	Температура теплоносія, °С	Швидкість теплоносія в трубі, м/с	Діаметр трубопровода, мм
Трубопровід прямої мережної води	2,48	80	0,66	$\varnothing 76 \times 3,0$
Трубопровід зворотної мережної води	2,48	60	0,66	$\varnothing 76 \times 3,0$
Трубопровід підживлюваної води	0,0124	5	0,8	$\varnothing 20 \times 2,5$
Трубопровід лінії перепустки	1,757	45	0,9	$\varnothing 57 \times 2,5$

2.3 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою

Річна витрата палива [6]

$$B_{\text{річ}} = B_{\text{р}}^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + B_{\text{р}}^{\text{соп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{соп}} , \quad (2.29)$$

$$B_{\text{річ}} = 0,0069 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 + 0,00346 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 184 = 57987 \left(\text{м}^3 / \text{рік} \right).$$

Витрати коштів на паливо

$$C_{\text{ПАЛ}} = B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПАЛ}} \cdot k_{\text{ВП}} , \quad (2.30)$$

де $B_{\text{річ}}$ – річна витрата палива, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\text{Ц}_{\text{ПАЛ}}$ – вартість палива $\text{грн.}/\text{м}^3$ [7, 8];

$k_{\text{ВП}}$ – коефіцієнт, яким враховують витрату палива на власні потреби.

$$C_{\text{ПАЛ}} = (57987 \cdot 19,2 \cdot 1,006) \cdot 10^{-6} = 1,120 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Річне споживання електричної енергії

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{соп}} , \quad (2.31)$$

$$E_{\text{річ}} = 0,8 \cdot 24 \cdot 5 + 0,8 \cdot 24 \cdot 184 = 3628,8 \text{ (кВт} \cdot \text{год/рік)}.$$

Витрати коштів на електричну енергію

$$C_{\text{ЕЕ}} = E_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ЕЕ}} , \quad (2.32)$$

де $\text{Ц}_{\text{ЕЕ}}$ – вартість електроенергії $\text{Ц}_{\text{ЕЕ}} = 10,5 \text{ грн}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$ [9];

$$C_{EE} = 3628,8 \cdot 10,5 \cdot 10^{-6} = 0,038102 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Річне споживання води

$$G_B = \frac{G_{дв}^{оп}}{\rho_{дв}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{оп} + \frac{G_{дв}^{соп}}{\rho_{дв}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{соп} , \quad (2.33)$$

$$G_B = \frac{0,0124}{998} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 + \frac{0,0123}{998} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 184 = 201,3 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}.$$

Річні витрати на воду

$$C_B = G_B \cdot \Pi_B , \quad (2.34)$$

де Π_B – вартість води, яка становить грн./м³ [10];

$$C_B = 201,3 \cdot 34,14 \cdot 10^{-6} = 0,007179 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрата на амортизацію

$$C_{AM} = K \cdot S_A , \quad (2.35)$$

$$C_{AM} = 1,5 \cdot 0,075 = 0,1125 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

де $K = 1,5$ млн.грн.

Витрати на поточний ремонт

$$C_{IP} = 0,2 \cdot C_{AM} , \quad (2.36)$$

$$C_{\text{ПР}} = 0,2 \cdot 0,1125 = 0,0225 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату [11]

Їх розрахунок виконується з урахуванням основної та додаткової заробітних плат, а також відрахувань на соціальне страхування.

Витрати на заробітну плату

$$C_{\text{ЗП}} = O_p \cdot \text{ЄСВ} \cdot n \cdot \tau_p, \quad (2.37)$$

де O_p – оклад працівника, грн.;

ЄСВ – єдиний соціальний внесок;

n – кількість працівників на котельні;

τ_p – кількість місяців роботи котельні в році.

$$C_{\text{ЗП}} = 15000 \cdot 1,385 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,125 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{В}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{ЗП}}), \quad (2.38)$$

$$C_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (1,12 + 0,038102 + 0,007179 + 0,1125 + 0,0225 + 0,125) = 0,0855 \left(\frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}} \right).$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{РІЧ}} = C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{В}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ІН}}, \quad (2.39)$$

$$C_{\text{річ}} = 1,12 + 0,038102 + 0,007179 + 0,1125 + 0,0225 + \\ + 0,125 + 0,0855 = 1,3858 \left(\frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}} \right).$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{\text{річ}} = Q^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + Q^{\text{соп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{мо}} , \quad (2.40)$$

$$Q_{\text{річ}} = (0,208 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 + 0,103 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 184) \cdot 10^{-3} = \\ = 1727,309 \text{ (МДж/рік)}.$$

Собівартість теплової енергії

$$CB = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}} , \quad (2.41)$$

$$CB = \frac{1,3858 \cdot 10^6}{1727,309} = 802,3 \left(\frac{\text{грн}}{\text{ГДж}} \right).$$

2.4 Показники роботи котельні на біомасі та з тепловим насосом

Теплова потужність системи опалення – 200 кВт; температурний графік мережі 80/60°C; мінімальна температура води на вході в котел 60°C; температура сирієї води $t_{\text{св}} = 5^\circ\text{C}$; тривалість опалювального періоду 189 діб; паливо – тріска з деревини, паливні гранули.

Наявна теплота палива для тріски деревини – 10,9 МДж/кг, для паливних гранул – 17,5 МДж/кг; ККД котла 82% [12-14].

Витрати на паливо.

Ці витрати визначаються за річною витратою палива і його вартістю.

Витрата робочого палива

- на паливних гранулах для опалювального і середньо-опалювального періодів відповідно [15]

$$B_p^{\text{оп}} = \frac{0,208}{17,5 \cdot 0,86} = 0,0138 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p^{\text{соп}} = \frac{0,103}{17,5 \cdot 0,86} = 0,0068 \text{ (кг/с)}.$$

- на трісці з деревини для опалювального і середньоопалювального періодів відповідно [14]

$$B_p^{\text{оп}} = \frac{0,208}{10,9 \cdot 0,86} = 0,022 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p^{\text{соп}} = \frac{0,103}{10,9 \cdot 0,86} = 0,0109 \text{ (кг/с)}.$$

Річну витрату паливних гранул визначимо за рівнянням (2.29), інші техніко-економічні показники за (2.30...2.41).

$$B_{\text{річ1}} = 0,0138 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 + 0,0068 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 184 = 114,065 \text{ (т/рік)},$$

$$B_{\text{річ2}} = 0,022 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 + 0,0109 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 184 = 185,812 \text{ (т/рік)}.$$

Витрати на паливо

$$C_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{п}},$$

де $\Pi_{\text{п}}$ – вартість палива, для паливних гранул з деревини 5500 (грн/т), тріски – 5800 грн/т [16].

$$C_{\text{пал}} = 114,065 \cdot 9100 = 1037991,5 \text{ (грн/рік)}.$$

Показники роботи котельні з тепловим насосом.

Розглянемо доцільність встановлення для теплопостачання будівлі теплонасосної установки (ТН) типу «повітря-вода». Заздалегідь визначаємо, що теплонасосна установка працюватиме у бівалентному альтернативному режимі системи теплопостачання. Такий режим передбачає, що при зниженні температури зовнішнього повітря нижче температури бівалентності ($t_{\text{бів}} = 6^\circ\text{C}$), теплонасос автоматично вимикатиметься, а всі теплові навантаження покриватиме робота установки на твердому паливі.

Дійсна необхідна потужність ТН

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{бів}} = Q_{\text{ТН}}^{\text{мон}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{бів}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.0}}}, \quad (2.42)$$

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{бів}} = 200 \cdot \frac{21 - (-6)}{21 - (-21)} = 128 \text{ (кВт)}.$$

Вибираємо дві теплонасосних установки ТН типу «повітря-вода» з модельного ряду виробника COOPER&HUNTER [17] – модель СН-HP65UIMNM тепловою потужністю 65 кВт (потужність на охолодження 60 кВт), електричне споживання 20,2 кВт для нагрівання і 21,9 кВт для виробництва холоду [18-19].

Для аналізу роботи ТН в бівалентному режимі важливим є визначення часу роботи теплового насоса і котла на твердому паливі. Визначимо яку частину опалювального періоду буде працювати система нижче бівалентної температури, тобто температура навколишнього повітря буде нижче -6°C . В діапазоні температур зовнішнього повітря від -7°C до -21°C працюватиме твердопаливний котел.

Зі статистичних даних температури зовнішнього повітря для опалювального періоду в м. Вінниця за 2023-2024 рік видно, що зовнішня температура повітря в діапазоні від $+8^{\circ}\text{C}$ до (-3°C) становить 72% часу опалювального періоду, і в цей час теплові навантаження покриваються тепловим насосом. Твердопаливний котел працюватиме в температурному діапазоні від (-7°C) до (-21°C) , що становить 8 % часу опалювального періоду. Температура зовнішнього повітря вище $+8^{\circ}\text{C}$ становить 20% часу опалювального сезону. Отже, твердопаливний котел працюватиме $\tau_{\text{кот}} = 363$ години, а тривалість роботи теплового насоса $\tau_{\text{тн}} = 4173$ години. Показники роботи котельні з твердопаливним котлом і тепловими насосами показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Показники роботи водогрійної котельні з різними джерелами енергії

Найменування	Природний газ	Паливні гранули	Тріска деревини	ТН
Вартість природного газу, грн/тис.м ³	19200	-	-	-
Вартість паливних гранул, грн/т	-	5500	-	
Вартість паливної тріски, грн/т	-	-	2500	
Річна витрата палива, тис.м ³ ; т	57,987	114,065	185,812	28,7
Річні витрати на паливо, млн.грн	1,12	0,627	0,464	0,072
Річне споживання електричної енергії, кВт·год	3628,8	5896,8	5896,8	83460
Витрати на електричну енергію, тис.грн	38,102	61,92	61,92	876,33
Витрати на воду, тис.грн.	7,179	7,179	7,179	7,179
Витрати на амортизацію, тис.грн/рік	112,5	157,5	157,5	202,5
Витрати на поточний ремонт, тис.грн	22,5	34,5	34,5	40,5
Витрати на заробітну плату, тис.грн	125	125	125	125
Інші витрати, тис.грн	85,5	60,8	51	79,4
Річні експлуатаційні витрати, млн.грн	1,3858	1,07	0,901	1,403
Річний відпуск теплоти	1727	1727	1727	1727
Собівартість виробництва теплової енергії	802,3	619,6	521,8	812,3

Отже, доцільним варіантом є переведення котельні на спалювання паливних гранул або тріски. До встановлення вибираємо установку енергетичну УЕАС-160 потужністю 200 кВт, яка працюватиме на твердій

біомасі. Також до встановлення пропонується буферна ємність з теплообмінником, яка надає котельні наступні переваги:

1) більш економне спалювання палива витрати палива зменшуються практично на 40%;

2) у літній період теплоаккумулятор можна використовувати як систему гарячого водопостачання з буферною ємністю, яка працює як бойлер;

3) допомагає вирівняти температурні коливання в системі, запобігаючи перегрівання опалювального обладнання, тим самим підвищуючи його безпеку;

4) сприяє продовженню терміну експлуатації опалювального обладнання;

5) якщо котел має завищену потужність, то теплоаккумулятор компенсує перевитрату теплоти, накопичує його та видає порційно тоді, коли це необхідно;

6) теплоаккумулятор можна комбінувати з іншими джерелами тепла, наприклад, з тепловим насосом або сонячними колекторами;

7) підвищується загальний коефіцієнт корисної дії системи.

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ

3.1 Тепловий розрахунок

Початкові дані:

- теплова потужність $Q = 100$ кВт;
- температура «холодного» теплоносія на вході $t'_2 = 40^\circ\text{C}$;
- температура «холодного» теплоносія на виході $t''_2 = 60^\circ\text{C}$;
- температура «гарячого» теплоносія на вході $t'_1 = 85^\circ\text{C}$;
- температура «гарячого» теплоносія на виході $t''_1 = 60^\circ\text{C}$;
- швидкість «гарячого» теплоносія в змійовику $w_1 = 0,8$ м / с.

Геометричні розміри апарата та змійовиків: діаметр труб змійовика $d_3/d_{\text{вн}} = 0,035/0,032$ м, об'єм буферної ємності $V = 2000$ л.

Теплофізичні властивості «холодного» теплоносія (води) для середньої температури в теплоаккумуляторі [20]

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (t'_2 + t''_2) \quad (3.1)$$

$$\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (40 + 60) = 50 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

- густина, $\rho_2 = 988,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
- коефіцієнт об'ємного розширення $\beta_2 = 4,49 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$;
- коефіцієнт теплопровідності, $\lambda_2 = 0,648 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$;
- кінематична в'язкість, $\nu_2 = 0,556 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$.
- критерій Прандтля $\text{Pr}_2 = 3,54$.

Теплофізичні властивості «гарячого» теплоносія (води) з довідника [20] при середній температурі у змішувачу:

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (t'_1 + t''_1) \quad (3.2)$$

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (85 + 60) = 72,5 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

- густина $\rho_1 = 981,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 0,6695 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- кінематична в'язкість $\nu_1 = 0,4025 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- критерій Прандтля $Pr_1 = 2,465$.

Масова витрата «гарячого» теплоносія

$$G_1 = \frac{Q}{C_p \cdot (t'_1 - t''_1)}, \quad (3.3)$$

$$G_1 = \frac{100}{4,189 \cdot (85 - 60)} = 0,954 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Швидкість «гарячого» теплоносія

$$w_1 = \frac{4G_1}{\rho_1 \cdot \pi \cdot d_{\text{BH}}^2}, \quad (3.4)$$

$$V_1 = \frac{4 \cdot 0,954}{981,7 \cdot 3,14 \cdot 0,032^2} = 1,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Середній температурний напір:

- схема потоків для протитечії

$$t'_1 = 85^\circ\text{C} \longrightarrow t''_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$t''_2 = 60^\circ\text{C} \longleftarrow t'_2 = 40^\circ\text{C}$$

- менша різниця температур

$$\Delta t_m = t'_1 - t''_2, \quad (3.5)$$

$$\Delta t_m = 85 - 60 = 25^\circ\text{C},$$

- більша різниця температур

$$\Delta t_6 = t''_1 - t'_2, \quad (3.6)$$

$$\Delta t_m = 60 - 40 = 20^\circ\text{C},$$

- середньологарифмічна різниця температур

$$\overline{\Delta t}_{ca} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2}, \quad (3.7)$$

$$\overline{\Delta t}_{ca} = \frac{25 + 20}{2} = 22,5^\circ\text{C}.$$

Площа поперечного перерізу змійовика

$$f_1 = 0,785 \cdot d_{BH}^2, \quad (3.8)$$

$$f_1 = 0,785 \cdot 0,032^2 = 8,038 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Критерій Рейнольдса для «гарячого» теплоносія

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{вн}}^2}{\nu_1}, \quad (3.9)$$

$$Re_1 = \frac{1,2 \cdot 0,032^2}{0,4025 \cdot 10^{-6}} = 95404 \text{ – режим турбулентний.}$$

Поправковий коефіцієнт до критеріального рівняння теплообміну

$$\varepsilon_{\text{зм}} = 1 + \frac{1,77 \cdot d_{\text{вн}}}{R}, \quad (3.10)$$

де R – радіус вигину, м

$$\varepsilon_{\text{зм}} = 1 + \frac{1,77 \cdot 0,032}{0,7} = 1,08.$$

Температуру стінки в першому наближенні беремо $t_{\text{ст}} = 60^\circ\text{C}$.

Критерій Прандтля для «гарячого» теплоносія для $t_{\text{ст}} = 70^\circ\text{C}$ – $Pr_{\text{ст}} = 2,55$.

Критерій Нуссельта для «гарячого» теплоносія

$$Nu_1 = 0,023 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{\text{зм}}, \quad (3.11)$$

$$Nu_1 = 0,023 \cdot 95404^{0,8} \cdot 2,465^{0,43} \cdot \left(\frac{2,465}{2,55} \right)^{0,25} \cdot 1,08 = 350.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від “гарячого” теплоносія до стінки

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{BH}}, \quad (3.12)$$

$$\alpha_1 = \frac{350 \cdot 0,6695}{0,032} = 7323 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Критерій Грасгофа для “холодного” теплоносія

$$Gr_2 = \frac{g \cdot \beta_2 \cdot \Delta t \cdot d_{3H}^3}{\nu_2^2}, \quad (3.13)$$

$$Gr_2 = \frac{9,8 \cdot 4,49 \cdot 10^{-4} \cdot (68 - 50) \cdot 0,035^3}{(0,556 \cdot 10^{-6})^2} = 10,9 \cdot 10^6.$$

Критерій Релея для “холодного” теплоносія

$$Ra_2 = Gr_2 \cdot Pr_2, \quad (3.14)$$

$$Ra_2 = 10,9 \cdot 10^6 \cdot 3,54 = 3,86 \cdot 10^7.$$

Критерій Прандтля для «холодного» теплоносія для $t_{CT}=68^\circ\text{C}$ – $Pr_{CT}=2,98$.

Критерій Нуссельта для “холодного” теплоносія

$$Nu_2 = 0,5 \cdot Ra_2^{0,25} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}, \quad (3.15)$$

$$\text{Nu}_2 = 0,5 \cdot (3,86 \cdot 10^7)^{0,25} \cdot \left(\frac{3,54}{2,98} \right)^{0,25} = 41.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки “гарячого” теплоносія до “холодного”

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{зн}}}, \quad (3.16)$$

$$\alpha_2 = \frac{41 \cdot 0,648}{0,035} = 761 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Оскільки $\frac{d_{\text{зн}}}{d_{\text{вн}}} = \frac{35}{32} = 1,09 < 1,4$, то коефіцієнт теплопередачі рахуємо за рівнянням для плоскої стінки.

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = 687 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right), \quad (3.17)$$

де $\lambda_{\text{ст}}$ – теплопровідність стінки (мідь), $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right)$;

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина стінки, м.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7323} + \frac{0,0015}{384} + \frac{1}{761}} = 687 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Питомий тепловий потік

$$q = k \cdot \bar{\Delta t}_{\text{ca}}, \quad (3.18)$$

$$q = 687 \cdot 22,5 = 15457,5 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right).$$

Температура внутрішньої стінки труби

$$t_{\text{ст}} = \bar{t}_2 + \frac{q}{\alpha_2}, \quad (3.19)$$

$$t_{\text{ст}} = 50 + \frac{15457,5}{761} = 70,3 \left(^\circ \text{C} \right).$$

Оскільки різниця між прийнятою і розрахунковою температурами складає $0,3^\circ\text{C}$, то уточнювати розрахунок не потрібно.

Площа поверхні нагріву змійовика

$$F = \frac{Q}{q \cdot \varphi}, \quad (3.20)$$

де $\varphi = 0,85$ – коефіцієнт забруднення поверхні;

$$F = \frac{100 \cdot 10^3}{15457,5 \cdot 0,85} = 7,61 \left(\text{м}^2 \right).$$

3.2 Конструктивний розрахунок

Довжина кола змійовика

$$L_3 = \pi \cdot D, \quad (3.21)$$

$$L_3 = 3,14 \cdot 1,44 = 4,52 \text{ (м)}.$$

Площа зовнішньої поверхні одного витка

$$f_{\text{зн}} = \pi \cdot d_{\text{зн}} \cdot L_3, \quad (3.22)$$

$$f_{\text{зн}} = 3,14 \cdot 0,035 \cdot 4,52 = 0,496 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Необхідна кількість витків змійовика

$$n_{\text{в}} = \frac{F}{f_{\text{зн}}}, \quad (3.23)$$

$$n_{\text{в}} = \frac{7,61}{0,496} = 15,3 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $n_{\text{в}} = 16$ шт.

Загальна довжина труб

$$L = \pi \cdot D \cdot n, \quad (3.24)$$

$$L = 3,14 \cdot 1,44 \cdot 16 = 72,3 \text{ (м)}.$$

Приймаємо $L=73$ м.

Висота апарату

$$H = \frac{4 \cdot V_a}{\pi \cdot D_{\text{в}}^2}, \quad (3.25)$$

де $V_a = 2000$ – об'єм буферної ємності, л;

$D_{\text{в}} = 1,44$ – внутрішній діаметр буферної ємності, м.

$$H = \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 1,44^2} = 1,23 \text{ (м)}.$$

3.3 Гідравлічний розрахунок

Швидкість «гарячого» теплоносія в змійовику $w_1 = 1,2 \text{ м/с}$, критерій Рейнольдса $Re_1 = 95404$ (див. 3.1).

Коефіцієнти місцевих опорів:

вхід в трубу $\xi_{\text{вх}}=0,5;$

вихід з труби $\xi_{\text{вих}}=1;$

поворот в круглому змійовику $\xi_{\text{зм}}=0,5.$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}} + n \cdot \xi_{\text{зм}}, \quad (3.26)$$

$$\sum \xi = 0,5 + 1 + 16 \cdot 0,5 = 9,5.$$

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (3.27)$$

де $\Delta = 0,001 \cdot 10^{-3}$ – шорсткість труб, м.

$$\lambda = \frac{0,3164}{95404^{0,25}} = 0,018.$$

Втрати напору на тертя за формулою Дарсі-Вейсбаха

$$\Delta P = \left(\lambda_1 \cdot \frac{1}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho_1 \cdot W_1^2}{2}, \quad (3.28)$$

$$\Delta P = \left(0,018 \cdot \frac{72,3}{0,032} + 9,5 \right) \cdot \frac{981,7 \cdot 1,2^2}{2} = 28866,5 \text{ (Па)}.$$

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ УСТАНОВКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УЕАС-160

4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

Розробляється технологія монтажу установки енергетичної УЕАС-160 потужністю 200 кВт у тепловій схемі опалювальної котельні. Установка енергетична працює на біопаливі – паливній трісці.

Установка енергетична УЕАС-160 (рис. 4.1) [21] складається і з водогрійного котла з номінальною теплопродуктивністю 200 кВт та системи автоматичного спалювання. Система автоматичного спалювання дозволяє спалювати відходи деревини вологістю до 70%. Робочий тиск водогрійного котла складає не більше 0,25 МПа. Максимальна температура води на виході з котла складає 95°C. Коефіцієнт корисної дії установки 85 %. Можливе спалювання тріски, паливних гранул, брикетів, вугілля або його сумішей в топці котла за умови вимкнення електричного живлення або в інших аварійних випадках.

Система автоматичного спалювання оснащена витратним бункером для біопалива, що має об'єм 1,4 м³.

Енергетична установка УЕАС-160 має бути заживлена від мережі 380В.

Габаритні розміри УЕАС-160: довжина 3980 мм, ширина 1950 мм, висота 1900 мм. Патрубок виходу димових газів з котла має розміри 320×320 мм.

Забезпечення повітрям для організації ефективного спалювання палива здійснюється за допомогою дуттєвого вентилятора WPA 145 з електродвигуном RF2C-140/059 K097, що має продуктивність 505 м³/год, тиск 390 Па, споживання електроенергії 155 Вт за кількості обертів 2300 об/хв.

Робоче паливо для енергетичної установки УЕАС-160 потужністю 200 кВт – паливна тріска з теплотою згорання $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 10,9$ МДж/кг.

Номінальна подача вентилятора для роботи УЕАС-160 потужністю 200 кВт.

$$V_{\text{пов.}} = 1,05 \cdot B_p \cdot V^0 \cdot (\alpha_T - \Delta\alpha_T) \cdot [(t_{\text{хп}} + 273) / 273], \quad (4.1)$$

$$V_{\text{д.г.}} = 1,05 \cdot 0,022 \cdot 3,2 \cdot 1,4 \cdot [(20 + 273) / 273] = 0,111 \text{ (м}^3\text{/с)} = 401 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Отже, подача повітря до енергетичної установки УЕАС-160 потужністю 200 кВт планується вентилятором WPA 145, що має характеристики: продуктивність 505 м³/год, тиск 390 Па, потужність електродвигуна (RF2C - 140/059 K097) складає 155 Вт за кількості обертів 2300 об/хв [21].

Номінальна витрата димових газів з енергетичної установки УЕАС-160 потужністю 200 кВт

$$V_{\text{д.г.}} = B_p \cdot V_{\text{г}} \cdot [(t_{\text{вг}} + 273) / 273], \quad (4.2)$$

$$V_{\text{д.г.}} = 0,022 \cdot 5,7 [(180 + 273) / 273] = 0,208 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Площа газоходу для проходження димових газів

$$f = (V_{\text{д.г.}} / \omega), \quad (4.3)$$

де ω – швидкість відхідних газів в газоході, приймаємо $\omega = 3$ м/с;

$$f = 0,208 / 3 = 0,069 \text{ (м)}.$$

Приймаємо уніфікований розмір газоходу Ø400 мм. Відведення димових газів та розсіювання їх у верхніх шарах атмосфери здійснюємо за допомогою двостінної димової труби Versia-Lux Ø460/300 мм [22].

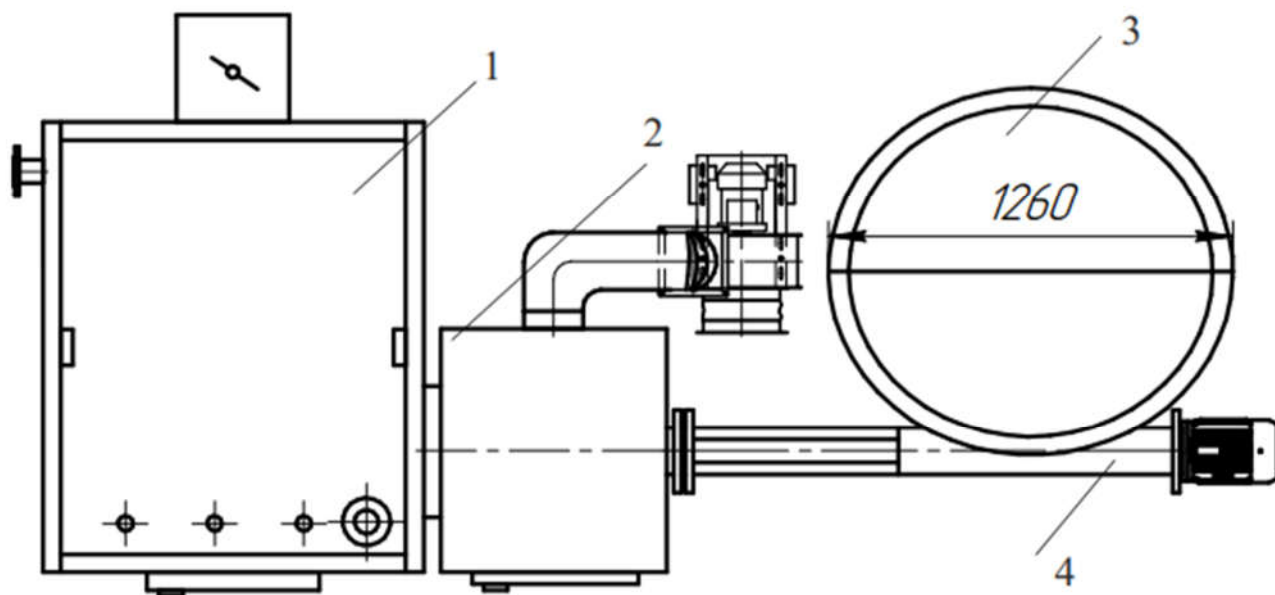


Рисунок 4.1 – Енергетична установка YEAS-160 в комплектації з пальником НПС: 1 – котел водогрійний; 2 – газогенератор; 3 – бункер для біопалива; 4 – шнековий транспортер

Отже, димові гази після енергетичної установки YEAS-160 відводяться і розсіюються у навколишньому середовищі за допомогою окремої утепленої димової труби Versia-Lux діаметром 460/400 мм, виготовленої з AISI(201/201), яка має висоту 12 м. Труба складається із секцій довжиною 1 м [22].

Переміщення димових газів відбувається по газоходам із корозійно-стійкої сталі класу П товщиною 1,2 мм.

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

4.2.1 Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання газоходів.
3. Монтаж газогенераторного котла потужністю 200 кВт.
4. Монтаж газогенератора.
5. Монтаж бункера для біопалива $V = 1,4 \text{ м}^3$.

6. Монтаж вентилятора WPA 145.
7. Монтаж шнекового транспортеру.
8. Монтаж шибера Versia-Lux D = 400 мм.
9. Прокладання газоходів і фасонних частин Ø 460/400 мм.
10. Пневматичне випробування газоходів.
11. Кінцева перевірка системи і здавання в експлуатацію.
12. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.2.2 Об'єми робіт [25-28]

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса енергетичної установки, системи відведення димових газів, основних та допоміжних матеріалів виробів та обладнання складає 2584,32 кг (2,58 т). Приймаємо $V = 2,58$.

2. Розмітка місць прокладання газоходів. Одиниці вимірювання – 100 м. Загальна довжина всіх газоходів складає $L = 5,5$ м. Приймаємо $V = 0,055$.

3. Монтаж водогрійного котла потужністю 200 кВт. Одиниці вимірювання – штуки. У котельні встановлюється 1 газогенераторний котел потужністю 200 кВт. Приймаємо об'єм $V = 1$.

4. Монтаж газогенератора. Одиниці вимірювання – тони. Маса газогенератора складає 250 кг (0,6 т). Приймаємо $V = 0,25$.

5. Монтаж бункера для біопалива $V = 1,4$ м³. Одиниці вимірювання – тони. Маса бункера складає 170 кг (0,17 т). Приймаємо $V = 0,17$.

6. Монтаж вентилятора WPA 145. Одиниці вимірювання – 1 штука. У для забезпечення подачі повітря у газогенератор встановлюється 1 вентилятор вказаної марки. Приймаємо $V = 1$.

7. Монтаж шнекового транспортера. Одиниці вимірювання – штуки. У схемі енергетичної установки встановлюється один транспортер. Приймаємо $V = 1$.

8. Монтаж шибера Versia-Lux D = 400 мм. Одиниця вимірювання – 1 шт. У газовому тракті енергетичної установки монтується 1 шибер D = 400 мм.

Приймаємо $V = 1$.

9. Прокладання газоходів і фасонних частин $\varnothing 460/400$ мм. Одиниці вимірювання – тони. У газовому тракті водогрійного котла монтується газоходи загальною масою 138 кг. Приймаємо $V = 0,14$.

10. Пневматичне випробування газоходів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх газоходів становить $L = 5,5$ м. Приймаємо $V = 0,055$.

11. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх газоходів складає $L = 5,5$ м. Приймаємо $V = 0,055$.

12. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 519,55 кг (1,57 т). Приймаємо $V = 0,52$.

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

Розрахунок та комплектування основних матеріалів показано у табл. 4.1, а допоміжних матеріалів та виробів – у табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

№ п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Газогенераторний котел $Q_{\text{вк}} = 200$ кВт	шт.	1	525	1460
2	Газогенератор	шт.	1		
3	Бункер для біопалива $V = 1,4$ м ³	шт.	1	170	170
4	Шнековий транспортер	шт.	1	220	220
5	Вентилятор WPA 145 з електродвигуном RF2C - 140/059 K097	шт.	1	3,5	3,5
6	Шибер Versia-Lux D = 400 мм	шт.	1	8,55	8,55
7	Перехід 320×320 / $\varnothing$ 400 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,46 м ²)	шт.	1	4,72	4,72
8	Трійник 87° Versia-Lux $\varnothing 460/400$ товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201)	шт.	1	18,52	18,52
9	Коліно 45° Versia-Lux утеплене $\varnothing 460/400$ товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201)	шт.	2	8,06	16,12

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
10	Ревізія Versia-Lux утеплена Ø 460/400 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) (довж. 333 мм)	шт.	1	14,69	14,69
11	Грибок Ø 460/400 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201)	шт	1	2,65	2,65
12	Лійка Ø 460 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201)	шт.	1	1,41	1,41
13	Опорний кронштейн	шт.	1	2,84	2,84
14	Хомут настінний Ø 460	шт.	1	1,82	1,82
15	Хомут обжимний Versia-Lux Ø 1000	шт.	7	0,78	5,46
16	Труба димохідна утеплена Versia-Lux Ø 460/400 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм	шт.	3	22,5	67,5
17	Платформа розвантажувальна з кронштейном Versia-Lux	шт.	1	2,42	2,42
				Σ	1065,16

Таблиця 4.2 – Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п/ п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірю- вання	Кіль- кість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Допоміжні матеріали					
для монтажу газогенераторного котла $Q_{\text{вк}} = 200$ кВт [25]					
1	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
2	Масло індустрієне И-20А	т	1	0,00005	0,05
3	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00124	1,24
4	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
5	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,25	0,25
6	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00802	8,02
7	Вода технічна	м ³	1	1,4	1400
8	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
9	Пароніт	т	1	0,00031	0,31
Для монтажу вентилятора WPA 145 [26]					
10	Поковки виготовлені із квадратних заготовок масою 1,8 кг	т	1	0,03	30
11	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	1	0,00011	0,11
12	Масло турбінне	т	1	0,01	10

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Для монтажу бункера для біопалива V=1,4 м³ [27]					
13	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-14 мм	т	0,17	0,00044	0,075
14	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6×50 мм	т	0,17	0,00001	0,002
15	Канати прядив'яні просочені	т	0,17	0,0001	0,017
16	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	т	0,17	0,00003	0,005
17	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,17	0,00194	0,33
18	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,17	0,0004	0,068
19	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	0,17	0,011	1,87
20	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, I сорт	м³	0,17* 0,00103	520	0,091
21	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0,17	0,00031	0,053
22	Розчинник, марка Р-4	т	0,17	0,00006	0,01
23	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм², діаметр 5,5 мм	10 м	0,17* 0,0187	1,2	0,004
для монтажу газоходів Ø 460/400 і фасонних частин [28] на тону					
24	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 10 мм	т	0,14	0,00253	0,354
25	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8×60 мм	т	0,14	0,00001	0,0014
26	Канати прядив'яні просочені	т	0,14	0,0001	0,014
27	Розчинник для лакофарбових матеріалів N 649	т	0,14	0,00006	0,0084
28	Розчинник, марка Р-4	т	0,14	0,00006	0,0084
29	Електроди, діаметр 8 мм, марка Э46	т	0,14	0,0207	2,898
30	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	0,14	0,004	0,56
31	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,14	0,0004	0,056
32	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,75 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, II сорт	м³	0,14*0,001	520	0,073
33	Шпали просочені для залізниць широкої колії, обрізні та необрізні хвойні [крім модрини], тип II	шт	0,14*0,08	80	0,896
34	Окремі конструктивні елементи будівель та споруд [колони, балки, ферми, зв'язки, ригелі, стояки тощо] з перевагою товстолистової сталі, середня маса складальної одиниці до 0,5 т	т	0,14	0,0105	1,47
35	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0,14	0,00031	0,0434

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
36	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10 м	0,14* 0,0187	1,2	0,0031
Для монтажу шиберів Ø400 мм [28]					
37	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0- 10,0 мм	кг	1	0,00017	0,17
38	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	1	0,38	0,38
39	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0002	0,2
Для монтажу газогенератора [теплосилове]					
40	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	0,25	0,01155	2,89
Для монтажу шнекового транспортеру					
41	Сталь швелерна	т	1	0,0016	1,6
42	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,00032	0,32

Маса основного обладнання і матеріалів – 2000,16 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 64,61 кг.

Необхідна кількість води – 1400 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 2000,16 + 64,61 + 519,55 = 2584,32 \text{ (кг)}.$$

4.4 Вибір та обґрунтування методів для виконання монтажних робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій [29]

Енергетичну установку з бункером, елементи газоходів, вентилятор поставляються на монтажний майданчик вантажним автомобілем DAYUN CGC1120 [30]. Технічні характеристики автомобіля показані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини DAYUN CGC1120 [30]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	7,0
Повна маса автомобіля	т	12
Колісна база	мм	3400
Тип палива	-	дизель
Габаритні розміри бортової платформи	мм	4530 2420 1870
Витрата палива у змішаному циклі	л/100 км	27

Зварювальні роботи виконуються за допомогою зварювального інверторного апарату Hunter MMA-307 Profi (Toshiba chip) з технічними характеристиками [31]:

- споживана енергія, кВт – 4,3;
- зварювальний струм, А – 10 – 305;
- напруга мережі живлення, В – 220 ;
- діаметр електродів , мм – 1,5 – 6,0;
- коефіцієнт корисної дії, % - 85;
- маса – 3,8 кг.

Таблиця 4.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [32]

Найменування	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній		
M17×19 мм	6	0,9
M19×22 мм	6	1,2
Плоскогубці комбіновані	6	1,6
Викрутки	6	0,31
Молоток слюсарний	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	6	2,1
Молоток гумовий	6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	6	0,12
Рівень металевий	2	0,22
Ящик переносний для інструменту	12	3,2
		Σ=11,75

Для підйомних робіт з монтажу димоходу назовні будівлі використовуємо кран автомобільний Автокран XCMG XCT8L4 на шасі FAW, що має такі

технічні характеристики: вантажопідйомність 8 т; максимальний вантажний момент 302 кН·м; максимальна висота підйому 24,5 м; довжина стріли 25,5 м; габаритні розміри : 9375×2400×3170 мм; повна маса – 12100 кг [33].

Підйомні роботи всередині приміщення котельні виконуються за допомогою монтажно-лебідки ЛМ-1,6 [34], що має наступні характеристики: канатоємність барабана до 250 м; тягове зусилля на канаті 1,6 т; швидкість навивки канату 0,29 м/с; робоча напруга 380 В, частота струму 50 Гц ; габаритні розміри 985×990×700 мм; маса лебідки без каната 440 кг.

Випробування газоходів виконується за допомогою пересувного компресора АВ100-360-220-ITALY FІАС, що має такі характеристики: тип – поршневий; об'єм ресивера – 100 л; потужність двигуна – 2,23 кВт; робочий тиск – 10 бар; продуктивність – 360 л/хв.; маса – 64 кг [35].

Загальна маса допоміжного обладнання складає 519,55 кг.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розроблені заходи з охорони праці під час монтажу обладнання системи теплопостачання адміністративної будівлі з відновлювальними джерелами енергії. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання системи теплопостачання адміністративної будівлі (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного тощо обладнання цієї системи теплопостачання), впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [36, 37]: фізичні, хімічні та трудового процесу.

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

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

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу інженерного обладнання системи теплопостачання адміністративної будівлі необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому, монтажні та налагоджувальні роботи обладнання системи забезпечення

мікроклімату в закладі охорони здоров'я потрібно виконувати з урахуванням вимог ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Державні будівельні норми України. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення, роботи на висоті – згідно з вимогами НПАОП 0.00-1.15, роботи у вибухо-пожежонебезпечних зонах – відповідно до вимог НПАОП 0.00-5.12 [38].

Отже, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам ДБН «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [39] та заходам безпеки, що зазначені в проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), зокрема: під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння; додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях; додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення та знежирення трубопроводів.

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

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

Встановлення і зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

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

Під час монтажу тросових проводок їх остаточне натягування повинно бути здійснене тільки після встановлення проміжних опор. Під час натягування троса триматися за нього та перебувати в зоні натягування не дозволяється. Монтаж блоків шинопроводів необхідно виконувати після монтажу всіх конструкцій кріплення.

Під час протягування кабелю через отвори в стінах робітники повинні перебувати по обидва боки стіни. Відстань від стіни до крайнього положення рук робітників повинна бути не менше ніж 1 м. Розпалення пальників, паяльних ламп, розігрівання кабельної маси і розплавленого припою необхідно робити на відстані не менше ніж 2 м від кабельного колодязя. Розплавлений припій і розігріта кабельна маса повинні бути опущені в спеціальних ківшах або закритих бачках, робітники повинні використовувати захисні окуляри.

Під час нагрівання кабельної маси для заливання кабельних муфт у закритому приміщенні повинна бути забезпечена його вентиляція (провітрювання). Ємності, що застосовуються під час нагрівання, повинні відповідати вимогам пожежної безпеки. Прокладати кабелі та проводи допускається тільки в повністю закріплені труби, лотки, коробки тощо.

Під час виконання робіт, пов'язаних із перебуванням людей усередині повітрозбірника, вентиля на живильних трубопроводах необхідно закрити та встановити замки, вивісити попереджувальні плакати. Спускні вентиля повинні бути відкриті та позначені попереджувальними плакатами або написами.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380×220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Роботи в діючих електроустановках необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правил улаштування електроустановок, НПАОП 40.1-1.07,

НПАОП 0.00-1.30. Електромонтажні і налагоджувальні роботи в діючих електроустановках необхідно здійснювати після зняття напруги з усіх струмопровідних частин, що знаходяться в зоні виконання робіт [40, 41].

Запобіжники в електричних колах трансформаторів напруги і силових трансформаторів, на яких виконуються налагоджувальні роботи, повинні бути зняті. На місці, де зняті запобіжники, необхідно вивісити плакат: «Не вмикати. Працюють люди». Під час виконання робіт на відкритих розподільних установках спуски та шлейфи від ліній електропостачання біля кінцевих опор або на вхідних конструкціях повинні бути закорочені та заземлені. Підключення змонтованих електричних мереж і електрообладнання до діючих електромереж повинна здійснювати служба експлуатації цих мереж. Не допускається використовувати і приєднувати як тимчасові електричні мережі та електроустановки, що не прийняті у визначеному порядку в експлуатацію, а також виконувати без дозволу налагоджувальної організації електромонтажні роботи на змонтованих і переданих під налагодження електроустановках.

Допускається тимчасова подача напруги до 1000 В на щити, станції управління та силові зборки, на яких не введено експлуатаційний режим, для проведення пусконаладжувальних робіт за постійною схемою, але в такому разі обов'язки з виконання заходів, що забезпечують безпечні умови праці, якщо подано напругу, покладаються письмово на керівника пусконаладжувальних робіт. Запобіжники мереж керування апаратом, що монтується, необхідно зняти на весь час монтажу.

Затягування проводів через протяжні коробки, ящики, труби, блоки, в яких укладено проводи, що перебувають під напругою, а також прокладання проводів і кабелів у трубах, лотках і коробках, що не закріплені відповідно до проекту, не допускається. Перевірку опору ізоляції проводів і кабелів за допомогою мегометра необхідно виконувати ланкою у складі не менше двох осіб, з яких одна має IV групу, а друга III групу з електробезпеки. Кінці проводів і кабелів, що у процесі випробування можуть бути під напругою, повинні бути ізольовані і(чи) огорожені.

Випробування електроприводів дозволяється після встановлення зв'язку

між персоналом, що перебуває у приміщенні щита чи пульта керування, і біля електроприводів. Під час налагодження лінійних і кінцевих вимикачів, датчиків та інших засобів автоматики повинна бути знята напруга з силових електромереж.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [40, 41]:

- для запобігання електротравмам від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними основними та допоміжними електрозахисними засобами захисту. До основних відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; показчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками; до додаткових (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [42] встановлюють допустимі параметри мікроклімату, значення яких наведені в табл. 5.1.

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

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [42]: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [42]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [43]. 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 розряд зорової роботи IV, підрозряд

«в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в табл. 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів) [44].

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 $E_{\text{н пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

5.2.4 Виробничий шум

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні за ССБТ [45]. Шум Загальні вимоги безпеки наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

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 Виробнича вібрація

Під час монтажних робіт присутня вібрація типу За. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 5.5.

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 з пружнодемпферуючим низом [46].

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих 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	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

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

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [47, 48]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [49], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [50].

Отже, офісні приміщення адміністративної будівлі, де відбувається монтаж обладнання системи теплопостачання з відновлювальними джерелами енергії, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В з зонами П-Ia – зони в приміщеннях, де перебувають тверді горючі речовини чи матеріали.

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується IIIa ступенем вогнестійкості.

До IIIa ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій

(у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [51] наведено в табл. 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [51] наведено в табл. 5.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за табл. 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 табл.5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за табл. 5.8 (знаменник) [51].

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття міжповерхові (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
Ша	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	E1 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0

Таблиця 5.7. – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип проти-пожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

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
IIIa	10/12	10/15	15/18

На території адміністративної будівлі встановлено 8 газових вогнегасників ВВК-7 та 25 водопінних вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) [52].

ВИСНОВКИ

В роботі виконані розрахунки теплової схеми водогрійної котельні з модулями нагріву МН-100, яка розміщена по вул. Г. Успенського, 83 в м. Вінниця. Визначено витрату робочого палива (природного газу) – $V_p^{оп} = 0,0069 \text{ м}^3/\text{с}$ та $V_p^{сop} = 0,00346 \text{ м}^3/\text{с}$, витрату умовного палива – $V_y^{оп} = 0,0079 \text{ кг/с}$ та $V_y^{сop} = 0,00395 \text{ кг/с}$.

Визначено техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі, встановлено, що собівартість виробленої теплової енергії 802,3 грн/ГДж.

Визначені показники роботи водогрійної котельні на природному газі, паливних гранулах, трісці з деревини, а також з встановленням теплового насоса. Собівартість виробництва теплоти в разі роботи водогрійних котлів на трісці з деревини та паливних гранулах становить 521,8 грн/ГДж і 619,6 грн/ГДж відповідно.

Для забезпечення потреб опалення будівлі лікарні вибрано до встановлення вибрано установку енергетичну УЕАС-160.

Для відведення відхідних газів від установки вибрано димову трубу Versia-Lux діаметром 460/400 мм, яка виготовлена із сталі AISI(201/201), висота труби 12 м.

Виконано розрахунок буферної ємності з теплообмінником. Визначено, що коефіцієнт теплопередачі 687 Вт/(м²К), площа поверхні нагріву змійовика 7,61 м². Кількість витків змійовика – 16. За результатами гідравлічного розрахунку теплообмінника встановлено, що його гідравлічний опір 58171 Па.

Розроблено технологію монтажу енергетичної установки УЕАС-160 потужністю 200 кВт. Розроблено монтажну схему, що містить водогрійний котел, газогенератор, бункер для біопалива, вентилятор, шнековий транспортер і газоходи.

Підібрано вентилятор WPA 145 для подавання повітря до енергетичної установки, складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для його монтажу. Маса основного обладнання і матеріалів склала 2000,16, а допоміжного – 64,61 кг.

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах і механізмах. Так для транспортування матеріалів використовується автомобіль DAYUN CGC1120, для зварювання використовується зварювальний інверторний апарат Hunter MMA-307 Profi (Toshiba chip), для випробувань газопроводів використовується пересувний компресор AB100-360-220-ITALY FIAC, для підйому обладнання назовні приміщення котельні – кран автомобільний XCMG XCT8L4 на шасі FAW, всередині приміщення – монтажна лебідка ЛМ-1,6.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу енергетичної установки і газопроводів. Загальна маса обладнання – 519,55кг.

Розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Модернізація котелень. URL: <https://www.kronaimpuls.com.ua/optimalni-rishennya-dlya-modernizatsiyi-kotelen-2/> (дата звернення: 05.05.2025 р.).
2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч./ С.О.Кудря. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
3. Переобладнання газових котлів і котелень. URL: https://pwp.in.ua/blog/pereobladnannya_gazovih_kotliv_i_kotelen. (дата звернення: 05.05.2025 р.).
4. Модулі нагріву МН Еко. URL: <https://ukrinterm.com.ua/ua/tovari/21/396/>
5. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Теплові розрахунки промислових парогенераторів. Вінниця: ВДТУ, 1999. 352 с.
6. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
7. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
8. Тарифи на газ для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-09-01/> (дата звернення: 05.05.2025).
9. Ціна на електроенергію в опалювальний період на 2022-2023 роки. URL: <https://ukravtonomgaz.ua/blog/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-biznesu-5-7-grnkvt-god-v-opalyuvalniy-period-2022-2023-rokiv> (дата звернення: 05.05.2025).
10. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/> (дата звернення: 13.05.2025).
11. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.
12. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г.Гелетука. К.: Поліграф плюс, 2015. 72 с.
13. Войцицький А. П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. Техноекологія : підручник/за ред.В.М. Боголюбова. Київ: Аграрна освіта, 2009. 533 с.

14. Тріска опалювальна 1 м куб. Ціна на пелети та тріску. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/shepa-otopitelynaya> (дата звернення: 18.05.2025).
15. Ціни на паливні гранули. URL: https://www.biowood.com.ua/ru/product-category/pelley-toplivnye/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rDJ-4WvO-hqllngT8sM3mAOp24Ku5RbMkKHPJorPVwwYcmVkfWyBoCTloQAvD_BwE (дата звернення: 18.05.2025).
16. Паливна тріска від виробника : [https://flagma.ua/uk/palyvna-triska-vid-vyrobnyka-015580508.html] (дата звернення 15.05.2025 р.).
17. Тепловий насос моноблок Cooper&Hunter.[Електронний ресурс]. URL: <https://skr-group.com/p1474784652-teplovoj-nasos-monoblok.html> (дата звернення 15.05.2025 р.).
18. Екологічність теплових насосів. [Електронний ресурс]. URL: <https://cooper-hunter.net.ua/shop/warm-pumps/air-water/ch-hp12sinm2-teplovoy-nasos-unithern-2/> (дата звернення 15.05.2025 р.).
19. Главацька Л. Ю., Іщенко В. А. Поводження з відпрацьованими фреонами в Україні. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2024. № 1. С.11–16.
20. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
21. Установка енергетична UEAC-160 Металіст. URL: <https://kotly-metalist.com.ua/goods/ustanovka-energetichna-ueas-160-metalist/> (дата звернення 15.05.2025 р.).
22. Димові труби для промисловості. URL: <https://versia-lux.com/ua/products/dymovye-truby-dlja-promyshlennosti> (дата звернення 15.05.2025 р.).
23. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «районна опалювальна котельня»/Під ред. І.О. Редько. Харків: Український державний університет залізничного транспорту, 2022. 56 с.
24. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 6. Теплосилове устаткування. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 190 с. URL: <https://e->

construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/3d756bb9-88ac-4278-bc69-f8a09d09652a.pdf (дата звернення 15.05.2025 р.).

25. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 57 с. URL : <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/c464e588-eedb-417b-8d9f-83a4e5d3df86.pdf> (дата звернення 15.05.2025 р.).

26. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Металеві конструкції (Збірник 9). URL : <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/399b64a5-df06-4b5d-bacb-ab93c3408a2a.pdf> (дата звернення 15.05.2025 р.).

27. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування повітря. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 150 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/d55e5c6b-59be-464f-a9f6-0c2555f5ad79.pdf> (дата звернення 15.05.2025 р.).

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

29. Бортовий автомобіль DAYUN CGC1120. URL: <https://alfateks.com.ua/katalog-texniki/alfateks/bortovi-avtomobili-alfateks/bortovij-avtomobil-dayun-cgc1120/> (дата звернення 15.05.2025 р.).

30. Зварювальний інвертор Hunter MMA-307 Profi (Toshiba chip). URL: <https://svarmarket.com.ua/uk/svarochnyy-invertor-hunter-mma-307-profi-ua>. (дата звернення 15.05.2025 р.).

31. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz> (дата звернення 15.05.2025 р.).

32. Автокран XCMG XCT8L4 на шасі FAW або Dongfeng. URL: <https://kievspecteh.com/8-15-tonn/avtokran-xct8l4> (дата звернення 15.05.2025 р.).

33. Лебідка електрична монтажна ЛМ-1,6. URL: <https://www.universalkranservis.com/ua/lebedki-elektricheskie/product/view/26/81> (дата звернення 15.05.2025 р.).

34. Компресор поршневий з ремінним приводом 100л 220В АВ100-360-220-ITALY FIAC. URL: <https://grandinstrument.ua/ua/ab100-360-220-italy/> (дата звернення 15.05.2025 р.).
35. Гусев А.М. Охорона праці: навч. посіб. Київ: Видавництво Європейського університету, 2006. 283 с.
36. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 (дата звернення 18.05.2025 р.).
37. 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 18.05.2025 р.).
38. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
39. 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.
40. 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 18.05.2025 р.).
41. 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 18.05.2025 р.).
42. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
43. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-

01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

44. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення 18.05.2025 р.).

45. 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 18.05.2025 р.).

46. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.

47. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

48. 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.

49. 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.

50. 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.

51. 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> (дата звернення 18.05.2025 р.).

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц.

_____ Степанов Д.В.
(підпис)

“ _____ ” _____ 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу
на тему:

«Відновлювані джерела енергії в системі
теплопостачання адміністративної будівлі»

08-15.БКР.006.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к. т. н. доц.. Резидент Н. В.

Виконавець:

Здобувач гр. ТЕ-23мс

Григоренко С.О.

1 Найменування і область використання продукції

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і модернізації котельні адміністративної будівлі в м. Вінниця, що дозволить зменшити собівартість виробництва теплової енергії та шкідливі викиди котельні в довкілля.

2 Основа для виконання робіт

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

3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу відновлюваними джерелами енергії, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення техногенного навантаження на довкілля шляхом встановлення котлів на відновлюваних видах палива та встановлення системи очищення відхідних газів.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу, дані літературних та інтернет джерел, інші технічні матеріали щодо застосування альтернативних джерел енергії.

1. ДБН Котельні ДБН В.2.5.-77: 2014 [Чинний від 01-01-2015 р. №252]. – Київ: Мінрегіон України, 2014. 61 с.

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

3. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення споживачів теплотою з визначеними показниками: потужністю, витратою, температурою.

5.2 Теплова потужність системи опалення.....0.2 МВт

5.3 Температурний графік.....80/60 °C

5.4 Паливо:

- природний газ;
- відновлювані види палива.

5.5 Забезпечення зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

5.6 Заміщення природного газу.

6 Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення водогрійної котельні на альтернативні природному

газу види палива, визначивши річні витрати палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

8 Вимоги з надійності

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

9 Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкта	25.03.25...27.03.25	
2	Аналіз показників роботи котельні до та після модернізації	28.03.25...05.04.25	
3	Розрахунки теплообмінника	06.04.25...18.04.25	
4	Технологія монтажу обладнання, що встановлюється	19.04.25...06.05.25	
5	Охорона праці	07.05.25...20.05.25	
6	Оформлення БКР	21.05.25...30.05.25	
7	Попередній захист БКР	31.05.25...10.06.25	
8	Захист БКР	11.06.25...21.06.25	

10 Порядок контролю та приймання

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

11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БКР.

Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

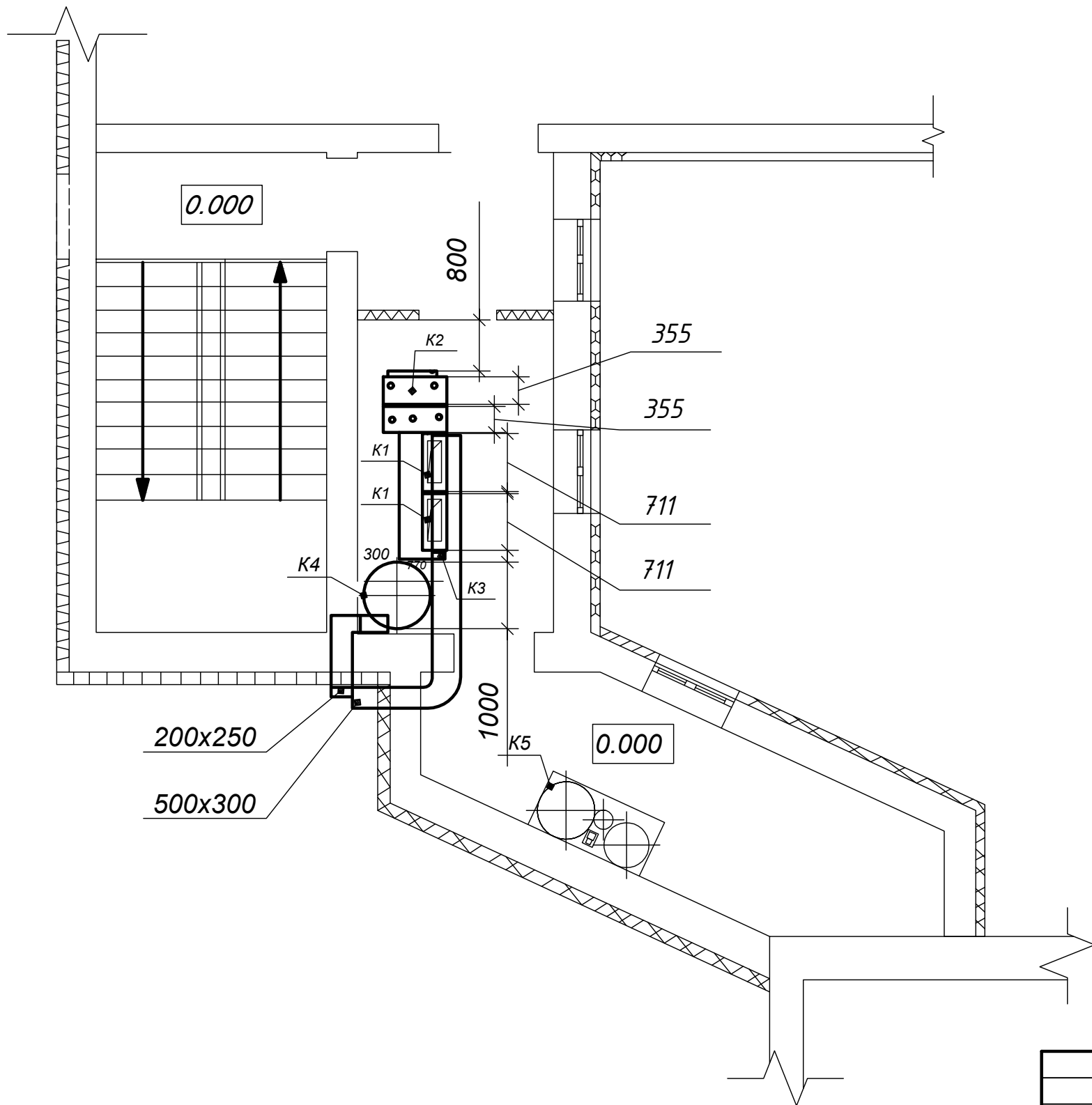
«ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ»

Погоджено

Зам інв №

Підпис і дата

Інв. № ориг.



Експлікація обладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Од. вим.	Кіл-ть
K1	МН-100	Модуль нагріву Q = 100 кВт	к-т	2
K2	ФРД-40	Модуль-регулятор температури	к-т	1
K3	КПЧФ-2	Комплект поза модульних частин	к-т	1
K4	Zilmet	Компенсатор об'єму V=250л	шт	1
K5	DNF-20/1-F	Установка пом'якшення води з насосом	шт	1

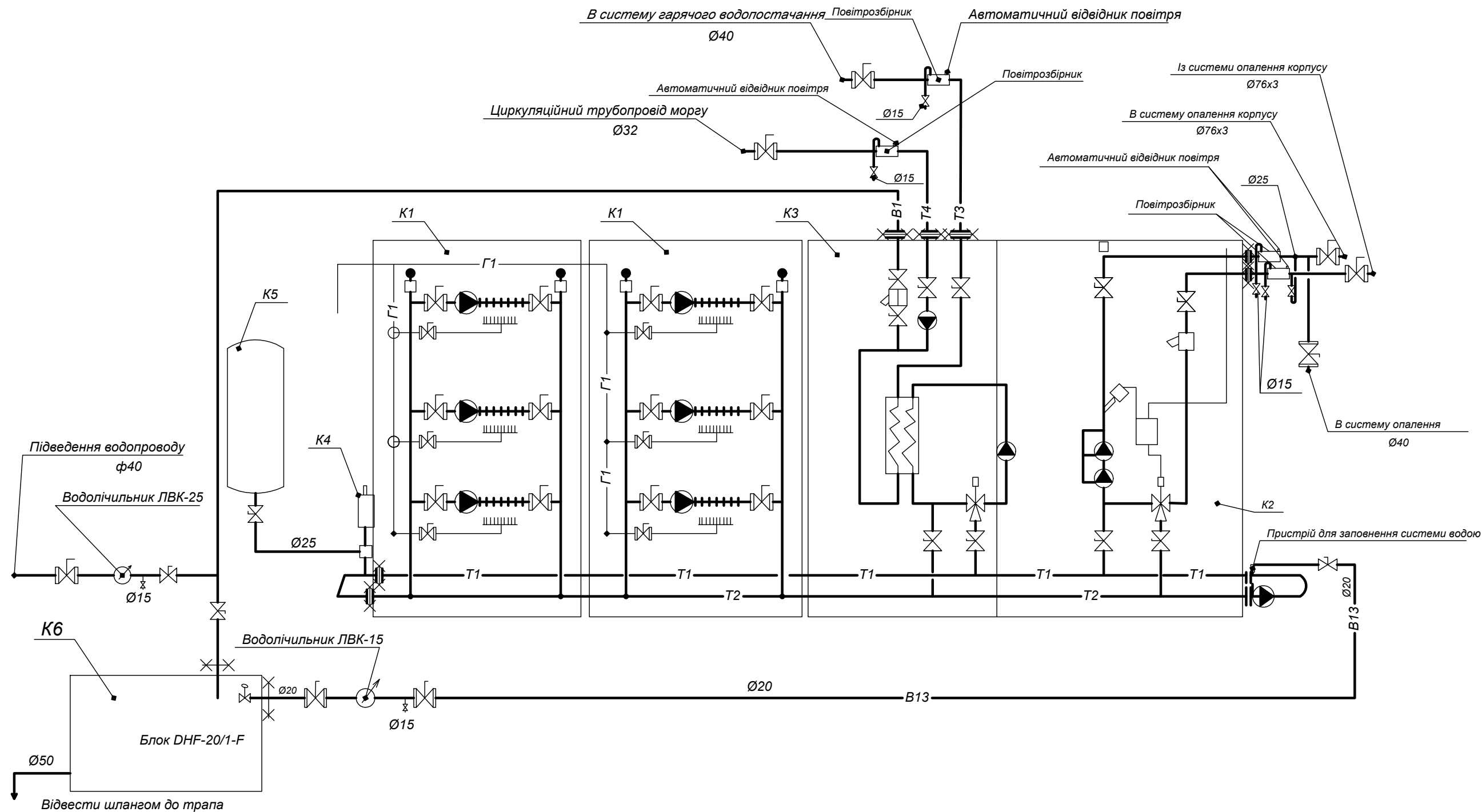
						08-15.БКР.006.01.00.000 АР			
						м. Вінниця			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Відновлювані джерела енергії в системі теплопостачання адміністративної будівлі	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Григоренко С.О.								
Перевірів	Резидент Н.В.								
Т.контр.									
Рецензент	Бондар А.В.					План котельні на відм. 0.000	ВНТУ, гр. ТЕ-23мс		
Н.контр.	Боднар Л.А.								
Затв.	Степанов Д.В.								

Погоджено

Зам. інв №

Підпис і дата

Інв. №



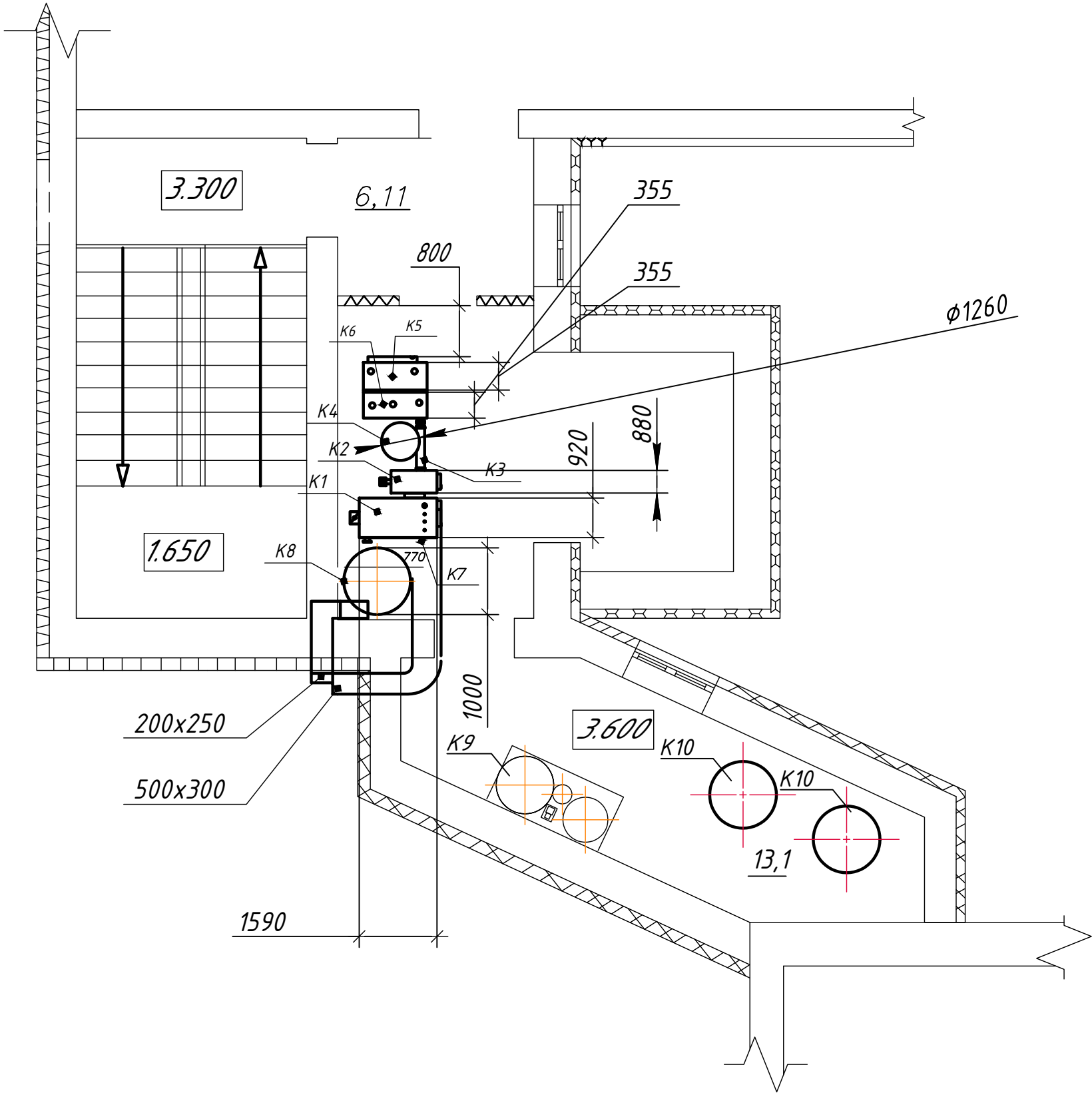
Експлікація обладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Од. вим.	Кіл-ть
K1	МН-100е	Модуль на-ву теплопрод.100 кВт	к-т	
K2	ФРД-40	Модуль-регулятор температури	к-т	1
K3	ФМГВ-2	Модуль приготування гар. води	к-т	1
K4	КПЧФ-2	Комплект позамодульних частин	к-т	1
K5	Zilmet	Компенсатор об'єму V=250л	шт	1
K6	DNF-20/1-F	Автоматична установка для пом'якшення води з насосом	шт	1

						08-15.БКР.006.02.00.000 ТЗ									
						Схема котельні існуюча теплова				Стадія		Маса		Масштаб	
										Аркуш			Аркушів		
										ВНТУ, гр. ТЕ-23мс					
Зм.	Кільк.	Арк.	Ндок.	Підп.	Дата										
Виконав	Григоренко С.О.														
Перевірів	Резидент Н.В.														
Т.контр.															
Рецензент	Бондар А.В.														
Н.контр.	Бондар Л.А.														
Затв.	Степанов Д.В.														

Експлікація обладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Од. вим.	Кіл-ть
K1	УЕАС-160	Водогрійний котел теплопродуктивн. 200 кВт	к-т	1
K2		Газогенератор	к-т	1
K3		Шнек	к-т	1
K4		Бункер для палива	к-т	1
K5	ФРД-40	Модуль-регулятор температури	шт	1
K6	ФМГВ-2	Модуль приготування гарячої води	к-т	1
K7	КПЧФ-2	Комплект позамодульних частин	к-т	1
K8	Zilmet	Компенсатор об'єму V=250л	к-т	1
K9	DNF-20/1-F	Автоматична установка для пом'якш. води з насосом	к-т	1
K10		Буферна ємність з теплообмінником	шт	2



						08-15.БКР.006.03.00.000 АР			
						м. Вінниця			
Зм.	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Відновлювані джерела енергії в системі теплопостачання адміністративної будівлі	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Григоренко С.О.							
Перевірив		Резидент Н.В.							
Т.контр.									
Рецензент		Бондар А.В.				План котельні на відм. 0.000 після модернізації	ВНТУ, ТЕ-23мс		
Н.контр.		Бондар Л.А.							
Затверд.		Степанов Д.В.							

Замість Інв. N	
Підпис і дата	
Інв. N орг.	

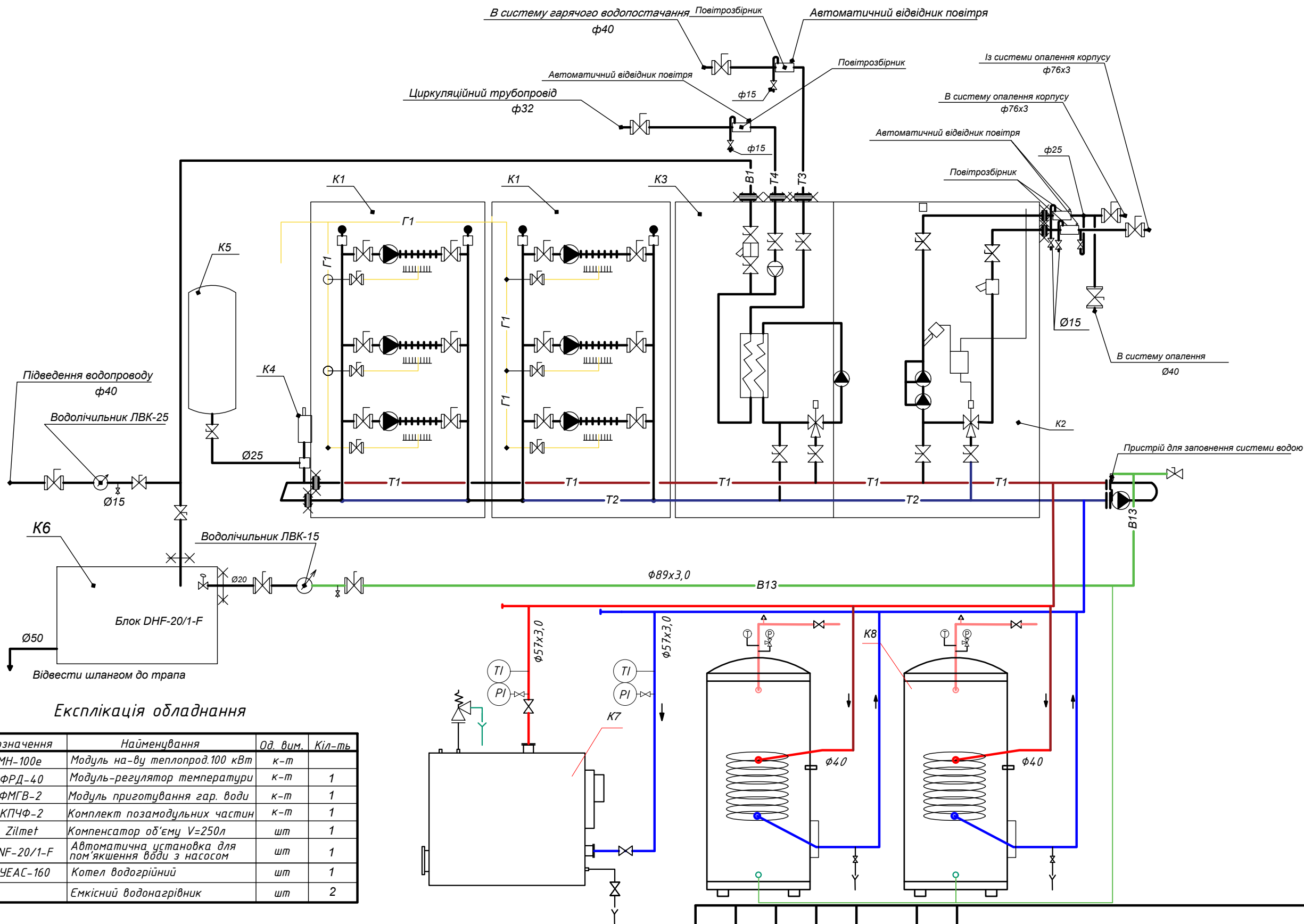
Погоджено

Зам. інв №

Підпис і дата

Інв. №

Експлікація обладнання				
Поз.	Позначення	Найменування	Од. вим.	Кіл-ть
K1	МН-100е	Модуль на-ву теплопрод.100 кВт	к-т	
K2	ФРД-40	Модуль-регулятор температури	к-т	1
K3	ФМГВ-2	Модуль приготування гар. води	к-т	1
K4	КПЧФ-2	Комплект позамодульних частин	к-т	1
K5	Zilmet	Компенсатор об'єму V=250л	шт	1
K6	DNF-20/1-F	Автоматична установка для пом'якшення води з насосом	шт	1
K7	ЧЕАС-160	Котел водогрійний	шт	1
K8		Емкісний водонагрівник	шт	2



						08-15.БКР.006.04.00.000 ТЗ					
						Схема котельні модернізована теплоа	Стадія			Маса	Масштаб
Зм.	Кільк.	Арк.	Ндок.	Підп.	Дата						
Виконав	Григоренко С.О.										
Перевірів	Резидент Н.В.										
Т.контр.							Аркуш			Аркушів	
Рецензент	Бондар А.В.						ВНТУ, гр. ТЕ-23мс				
Н.контр.	Бондар Л.А.										
Затв.	Степанов Д.В.										

[illegible]

