

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 ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Модернізація котельні Калинівської центральної
районної лікарні»

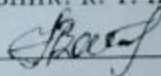
Виконав: студент 2 курсу мс, гр. ТЕ-22 мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)



Грига А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

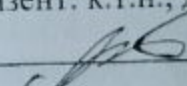


Резидент Н.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА



Бондар А.В.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Д. В. Степанов

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2024 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Степанов Д.В.
03 2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гризі Андрію Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація котельні Калинівської центральної районної лікарні»

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 «11» березня 2024 року № 80.

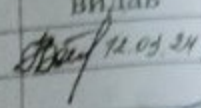
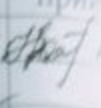
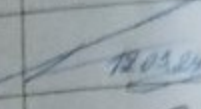
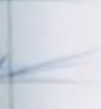
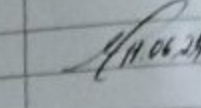
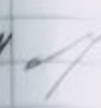
2. Строк подання студентом роботи 11.06.2024

3. Вхідні дані до роботи: розрахункова потужність системи опалення $Q_{оп} = 2,32$ МВт; потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 0,582$ МВт; система закрита; температурний графік мережі 90/70°C; температура води після ХВО 20°C; витрата пари на промисловий споживач 0,278 кг/с; температура води на гаряче водопостачання 55°C; паливо – природний газ, відновлювані види палива.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика об'єкта; розрахунки показників роботи водогрійної котельні до та після модернізації; розрахунки пластинчастого теплообмінника системи гарячого водопостачання; технологія монтажу системи підготовки гарячої води потужністю 582 кВт; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план існуючої котельні на відм. 0.000; схема котельні модернізована теплово; план котельні на відм. 0.000 після модернізації; теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення); схема монтажна аксонометрична системи підготовки гарячої води.

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		
5	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач кафедри БЖД ОП		
Н.контроль	Співак О.Ю., к.т.н., доц. кафедри ТЕ		

4. Дата видачі завдання 12.03.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Прим.
1	Загальна характеристика об'єкта	15.03.24...19.03.24	вик.
2	Розрахунки показників роботи водогрійної котельні до та після модернізації	19.03.24...05.03.24	вик.
3	Розрахунки пластинчастого теплообмінника системи гарячого водопостачання	06.04.24...18.04.24	вик.
4	Технологія монтажу системи підготовки гарячої води потужністю 582 кВт	19.04.24...01.05.24	вик.
5	Охорона праці	02.05.24...18.05.24	вик.
6	Оформлення БДР	19.05.24...30.05.24	вик.
7	Попередній захист БДР	31.05.24...10.06.24	вик.
8	Захист БДР	11.06.24...21.06.24	вик.

Студент  (підпис)

Грига А.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник БДР  (підпис)

Резидент Н. В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Грига А.І. «Модернізація котельні Калинівської центральної районної лікарні». Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 65 с.

Бібліогр.: 51 назв.; табл. 15.

У бакалаврській дипломній роботі розроблені принципові рішення щодо зменшення собівартості виробництва теплової енергії та зменшення шкідливого впливу на довкілля водогрійної котельні шляхом заміщення викопного виду палива відновлюваними видами палива. В загальній частині проаналізовано ефективність заходів в напрямку заміщення природного газу відновлюваними видами палива, техніко-економічними показниками обґрунтована доцільність розробки. В конструктивній частині виконано тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунки пластинчастого водо-водяного теплообмінника системи гарячого водопостачання. У технологічній частині розроблено технологію монтажу системи підготовки гарячої води потужністю 582 кВт. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання трубопроводів та відомості на виконання робіт. Ілюстративна частина містить 5 креслень. Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

Ключові слова: водогрійна котельня, тверда біомаса, відновлювані види палива.

ABSTRACT

Gryga A.I. «Modernization of the boiler room of the Kalinivska Central District Hospital». Bachelor thesis on specialty 144 – Thermal power engineering, educational program – Thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 65 p.

Bibliography: 51 titles; table 15.

In the bachelor's thesis, principled solutions were developed to reduce the cost of thermal energy production and reduce the harmful impact on the environment of the water heating boiler plant by replacing fossil fuels with renewable fuels. In the general part, the effectiveness of measures in the direction of replacing natural gas with renewable types of fuel is analyzed, the feasibility of the development is substantiated by technical and economic indicators. In the structural part, thermal, structural and hydraulic calculations of the plate water-water heat exchanger of the hot water supply system were performed. In the technological part, the installation technology of the hot water preparation system with a capacity of 582 kW has been developed. The layout of the equipment was carried out, pipeline laying schemes and information on the performance of the works were developed. The illustrative part contains 5 drawings. Working conditions were analyzed, measures to improve working conditions and technical solutions for fire safety were considered.

Key words: water heating boiler house, solid biomass, renewable fuels.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	6
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ	7
2.1 Розрахунок існуючої теплової схеми котельні	7
2.2 Розрахунки техніко-економічних показників котельні за існуючою тепловою схемою	19
2.3 Розрахунок показників роботи котельні з твердопаливними котлами	22
2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації	25
2.5 Розрахунок димової труби.....	29
3 РОЗРАХУНКИ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА СИСТЕМИ ГВП	31
3.1 Початкові дані	31
3.2 Тепловий розрахунок	31
3.3 Конструктивний розрахунок	37
3.4 Гідравлічний розрахунок	38
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ГАРЯЧОЇ ВОДИ ПОТУЖНІСТЮ 582 КВТ.....	40
4.1 Загальна характеристика об'єкту монтажу	40
4.2 Розрахунок трубопроводів системи підготовки гарячої води	41
4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	42
4.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	48
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	52
5.3 Пожежна безпека.....	55
ВИСНОВКИ.....	57

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки БДР на наявність текстових запозичень	64
Додаток Б (обов'язковий) Технічне завдання	65
Додаток В (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	68

ВСТУП

Більша частина котелень була введена в експлуатацію більше як 40 років тому і практично всі вони вимагають модернізації. За цей час обладнання зносилось фізично та морально. Тому актуальним завданням є пошук рішень щодо модернізації котелень.

Ситуація на ринку газу формує потребу у переведенні газових котелень на альтернативні види палива: гранули з деревини, торфобрикети, відходи з деревини, біологічну сировину, пелети [1].

Переобладнання котелень актуально в різних ситуаціях, наприклад, значне фізичне і моральне зношування основного і допоміжного обладнання, зношеність мереж, низький коефіцієнт корисної дії встановлених котлів та ін. Старе зношене обладнання спричиняє ряд проблем, зокрема: перевитрата палива; висока вартість опалення; перебої у постачанні теплоносія; часті аварії та великі витрати на їх ліквідацію. Крім того, застаріле обладнання характеризується великими обсягами шкідливих викидів в навколишнє середовище. Оновлення котельного обладнання – це значні фінансові вкладення, які згодом окуповуються [2].

Сьогодні суб'єкти господарювання почали впроваджувати різні заходи з економії витрат на опалення. Найпоширенішими є такі види модернізації:

1) заміна діючого газового котла на твердопаливний. За такої модернізації котел демонтують із системи опалення і на його місці встановлюється новий твердопаливний;

2) модернізація існуючого котла на інший вид палива;

3) встановлення твердопаливного котла до діючого газового, тобто створення в одній замкнутій системі опалення двох джерел теплової енергії [3].

Часто впровадження проєктів щодо використання біомаси для виробництва теплової енергії спрямовані на заміну природного газу. Така модернізація доцільна в індивідуальних котельнях, де здійснюють повне заміщення природного газу, а в котельнях централізованого тепlopостачання великої

потужності – реалізують проєкт часткового заміщення і газовий котел застосовується як резервний.

Економічний ефект впровадження проєктів біоенергетики залежить від індивідуальних умов. На нього впливають такі основні фактори:

- ціна на традиційне (викопне) паливо;
- кліматичні умови, які впливають на тривалість опалювального періоду та використання встановленої потужності обладнання;
- ціна біопалива, а також його доставка;
- масштаб проєкту, обсяги капітальних витрат та умови фінансування.

Мета роботи – зменшити собівартість виробництва теплової енергії водогрійною котельнею Калинівської центральної районної лікарні шляхом встановлення котлів на твердій біомасі.

Завдання бакалаврської дипломної роботи:

- виконати аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою;
- обґрунтувати вибраний варіант модернізації котельні;
- виконати розрахунки теплової схеми котельні після модернізації;
- виконати тепловий, конструктивний та гідромеханічний розрахунки пластинчастого теплообмінника системи гарячого водопостачання;
- розробити технологію монтажу системи підготовки гарячої води;
- розробити заходи з охорони праці.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

Існуюча котельня призначена для потреб централізованого теплопостачання та гарячого водопостачання центральної районної лікарні в м. Калинівка.

В котельні розташовано 2 парових котла Е-1/9 (1 робочий, 1 резервний), та 3 водогрійних котли Факел-Г.

Паливо існуючих котлів – природний газ.

Паливо проектних котлів – тріска з деревини, паливні гранули.

Теплоносій – вода з температурою 90/70°C.

Розміри котельного залу в плані: довжина – 5,98 м; ширина – 6,78 м; висота – 5,86 м. Площа котельного залу – 32,88 м².

Модернізація котельні передбачає заміну водогрійних котлів Факел-Г на твердопаливні котли КВа(KV)-1,0Р.

Згідно режимної карти споживача пари, паровий котел працює кожен день по 6 годин із половинною потужністю.

Підживлення системи теплопостачання здійснюється хімічно-очищеною водою. Система водопідготовки – існуюча, складається з 2-х натрій-катіонітових фільтрів і бака солерозчинника.

Циркуляція води в системі здійснюється існуючими мережними насосами з такими технічними характеристиками $G=162 \text{ м}^3/\text{год}$, $H=20 \text{ м.вод.ст}$, $N=10 \text{ кВт}$.

Для забезпечення мінімальної допустимої температури на вході в котел в котельному залі передбачена існуюча перемичка між трубопроводами прямої і зворотної мережної води з електроприводною арматурою Danfoss.

Компенсація розширення теплоносія в мережах котельної вирішується існуючим компенсатором об'ємом на 300л, який знаходиться в приміщенні котельні.

Відведення димових газів від котлів передбачається в існуючу металеву димову трубу $\varnothing 1000 \text{ мм}$ і висотою 32,82 м.

Проект розробляється без руйнування несучих і зовнішніх огорожувальних конструкцій.

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Розрахунок існуючої теплової схеми котельні

В даному розділі здійснено розрахунки роботи котельні для 3 періодів: опалювальний, середньо-опалювальний та міжопалювальний [4-6]. З результатів розрахунків видно як змінюються основні показники роботи котельні залежно від періоду.

Початкові дані:

а) температура води в трубопроводі прямої мережної води на виході з котельні $t_{пр} = 90^{\circ}\text{C}$;

б) температура води в трубопроводі зворотної мережної води на вході в котельню $t_{зв} = 70^{\circ}\text{C}$;

в) температура сирієї води $t_{св} = 5^{\circ}\text{C}$;

г) температура додаткової води $t_{дв} = 68^{\circ}\text{C}$;

д) температура хімічищеної води $t_{хво} = 20^{\circ}\text{C}$;

е) теплова потужність опалення $Q_{оп} = 2,32 \text{ МВт}$;

э) теплова потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 0,582 \text{ МВт}$;

з) нижня теплота згорання палива $Q_p^H = 34,0 \text{ МДж/м}^3$;

ж) ККД котла на природному газі $\eta_k = 0,91$.

Розрахунки модернізованої теплової схеми котельні виконано за [4-6]. Розрахункова принципова теплова схема із паровим та водогрійними котлами показана на рис. 2.1.

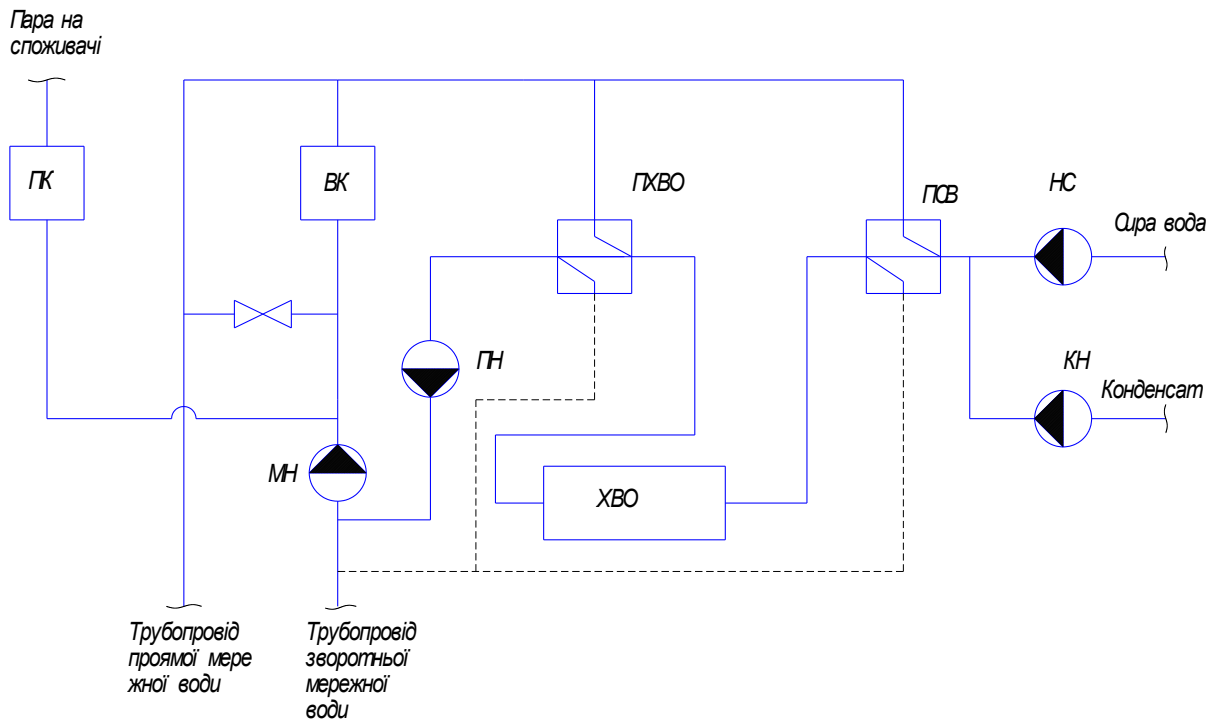


Рисунок 2.1 – Принципова схема котельні: ПК, ВК – паровий та водогрійні котли відповідно; МН – мережний насос; ПН – підживлювальний насос; НС, КН – насос сирої води та конденсату від споживача; ПСВ – підігрівник сирої води; ПХВО – підігрівник хімічноочищеної води; ХВО – хімводоочистка

2.1.1 Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні у максимально опалювальний період року

Теплова потужність споживача пари для номінального навантаження

$$Q_{\text{пс}} = D_{\text{пс}} \cdot (h_o - h_k), \quad (2.1)$$

де $D_{\text{пс}}$ – витрата пари на промислового споживача, кг/с;

$$Q_{\text{пс}} = 0,278 \cdot (2774 - 4,19 \cdot 175) = 565 \text{ (кВт)}.$$

Для половинного завантаження котла витрата пари

$$D_{\text{пс}}^{0,5} = Q_{\text{пс}}^{0,5} / (h_o - h_k), \quad (2.2)$$

$$D_{\text{пс}}^{0,5} = \frac{565 / 2}{(2774 - 4,19 \cdot 175)} = 0,139 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата води на споживачі без врахування парового котла

$$G_{\text{MB}} = \frac{Q_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}}}{C_p \cdot (t_{\text{пп}} - t_{\text{зв}})}, \quad (2.3)$$

$$G_{\text{MB}} = \frac{2,768 + 0,582}{4,19 \cdot (90 - 70)} = 39,98 \text{ (кг / с)}.$$

Максимальна витрата води для споживачів

$$G_{\text{MH}}^{\text{макс}} = G_{\text{MH}} + D_{\text{пс}}^{0,5}, \quad (2.4)$$

$$G_{\text{MH}}^{\text{макс}} = 39,98 + 0,139 = 40,115 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{MB}} \cdot \alpha_{\text{втр}}, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{дв}} = 39,98 \cdot 0,002 = 0,08 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата сирій води

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot 1,2, \quad (2.6)$$

$$G_{\text{св}} = 0,08 \cdot 1,2 = 0,096 \text{ (кг / с)}.$$

Потужність ПСВ

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}), \quad (2.7)$$

де $t_{\text{хво}}$ – температура води перед ХВО, приймаємо 20 °С;

$$Q_{\text{псв}} = 0,096 \cdot 4,19 \cdot (20 - 5) = 6,03 \text{ (кВт)}.$$

Витрата грійної води на ПСВ

$$G_{\text{псв}} = Q_{\text{псв}} / (C_p \cdot (t'_{\text{к}} - t''_{\text{к}})), \quad (2.8)$$

$$G_{\text{псв}} = 6,03 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,072 \text{ (кг/ с)}.$$

Температура води перед підігрівником сирі води при роботі парового котла

$$t_c = \frac{G_{\text{св}} \cdot t_{\text{св}} \cdot C_p + G_k \cdot h_k}{G_c \cdot C_p}. \quad (2.9)$$

Витрата суміші

$$G_c = G_k + G_{\text{св}}, \quad (2.10)$$

$$G_c = 0,139 + 0,096 = 0,235 \text{ (кг / с)}.$$

$$t_c = \frac{0,096 \cdot 5 \cdot 4,19 + 0,139 \cdot 398}{0,235 \cdot 4,19} = 58,2.$$

Отже, при роботі парового котла ПСВ не працює.

Потужність ПХВО

$$Q_{\text{пхво}} = G_{\text{дв}} \cdot C_p \cdot (t''_k - t_{\text{хво}}), \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{пхво}} = 0,08 \cdot 4,19 \cdot (70 - 20) = 16,8 \text{ (кВт)}.$$

Витрата грійної води на ПХВО

$$G_{\text{пхво}} = Q_{\text{пхво}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.12)$$

$$G_{\text{пхво}} = 16,8 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,2 \text{ (кг/ с)}.$$

Потужність ПХВО при роботі парового котла

$$Q'_{\text{пхво}} = G_{\text{дв}} \cdot C_p \cdot (t''_k - t_{\text{хво}}), \quad (2.13)$$

$$Q'_{\text{псв}} = 0,235 \cdot 4,19 \cdot (70 - 58,2) = 11,6 \text{ (кВт)}.$$

Витрата грійної води на ПХВО при роботі парового котла

$$G'_{\text{ПХВО}} = Q'_{\text{ПХВО}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.14)$$

$$G'_{\text{ПХВО}} = 11,6 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,138 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережного насоса

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) + G_{\text{ПСВ}} + G_{\text{ПХВО}} + G_{\text{ДВ}}, \quad (2.15)$$

$$G_{\text{МН}} = 39,98 \cdot (1 - 0,002) + 0,072 + 0,2 + 0,08 = 40,25 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережного насоса при роботі парового котла

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) + G_{\text{ПСВ}} + G_{\text{ПХВО}} + G_{\text{ДВ}}, \quad (2.16)$$

$$G_{\text{МН}} = 39,98 \cdot (1 - 0,002) + 0,138 + 0,08 = 40,11 \text{ (кг/с)}.$$

Далі проводимо розрахунок для роботи водогрійних котлів

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{МН}} = \frac{G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t''_k + G_{\text{ПХВО}} \cdot t''_k + G_{\text{ДВ}} \cdot t''_k}{G_{\text{МН}}}, \quad (2.17)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{39,98 \cdot (1 - 0,002) \cdot 70 + 0,072 \cdot 70 + 0,2 \cdot 70 + 0,08 \cdot 70}{40,25} = 70 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата мережної води в котлі

$$G_k = G_{\text{МН}}, \quad (2.18)$$

$$G_k = 40,25 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність водогрійної частини котельні

$$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t''_k - t'_k), \quad (2.19)$$

$$Q_k = 40,25 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 3373 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна теплова потужність котельні

$$Q_{\Sigma} = Q_k + Q_{\text{пс}}^{0,5}, \quad (2.20)$$

$$Q_{\Sigma} = 3373 + 283 = 3656 \text{ (кВт)},$$

Витрата умовного та робочого палива в котлах. В якості робочого палива приймаємо природний газ із нижчою робочою теплотою спалювання 34000 кДж/м³.

$$B_y = \frac{Q_{\Sigma}}{(Q_{\text{гв}}^p \cdot \eta_k)}, \quad (2.21)$$

$$B_y = \frac{3,656}{(29,3 \cdot 0,8)} = 0,158 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_{\Sigma}}{(Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_k)}, \quad (2.22)$$

$$B_p = \frac{3,656}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,119 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата робочого палива на роботу парового і водогрійного котла окремо.
Водогрійного

$$B_{\text{рвк}} = \frac{3,373}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,11 \text{ (м}^3\text{/с)},$$

Парового

$$B_{\text{пк}} = \frac{0,283}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,0092 \text{ (м}^3\text{/с)},$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{(Q_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{пс}}^{0,5})}{(B_p \cdot Q_{\text{нр}}^p)}, \quad (2.23)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{(2,768 + 0,582 + 0,283) \cdot 10^{-3}}{(0,119 \cdot 34,0)} = 0,898.$$

2.1.2 Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні в середньо опалювальний період року

Потужність середньо-опалювального періоду

$$\frac{Q'_o}{Q_o} = \frac{t_{\text{BH}} - t'}{t_{\text{BH}} - t_{30}}, \quad (2.24)$$

$$\frac{Q'_o}{Q_o} = \frac{21 + 1,1}{21 - (-21)} = 0,5146.$$

Температура в подавальному трубопроводі

$$\tau_1 = t_{\text{BH}} + (\tau_{10} - t_{\text{BH}}) \cdot \frac{Q'_o}{Q_o}, \quad (2.25)$$

$$\tau_1 = 18 + (90 - 18) \cdot 0,5146 = 55 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура в зворотному трубопроводі

$$\tau_2 = t_{\text{BH}} + (\tau_{20} - t_{\text{BH}}) \cdot \frac{Q'_o}{Q_o}, \quad (2.26)$$

$$\tau_2 = 18 + (70 - 18) \cdot 0,5146 = 45 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Для опалювальних пристроїв температурний графік залишаємо 90/70°C.

Витрата мережної води через радіатори опалення та ГВП

$$G_{\text{MB}} = \frac{Q_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}}}{C_p \cdot (t_{\text{пр}} - t_{3\text{B}})}, \quad (2.27)$$

$$G_{\text{MB}} = \frac{1,42 + 0,582}{4,19 \cdot (90 - 70)} = 23,9 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{мв}} \cdot \alpha_{\text{втр}}, \quad (2.28)$$

$$G_{\text{дв}} = 25,3 \cdot 0,002 = 0,05 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата сирої води

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot 1,2, \quad (2.29)$$

$$G_{\text{св}} = 0,05 \cdot 1,2 = 0,06 \text{ (кг / с)}.$$

Потужність ПСВ

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}), \quad (2.30)$$

де $t_{\text{хво}}$ – температура води перед ХВО, приймаємо 20 °С;

$$Q_{\text{псв}} = 0,06 \cdot 4,19 \cdot (20 - 5) = 3,8 \text{ (кВт)}.$$

Витрата грійної води на ПСВ

$$G_{\text{псв}} = Q_{\text{псв}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.31)$$

$$G_{\text{псв}} = 3,8 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,046 \text{ (кг/ с)}.$$

Потужність ПХВО

$$Q_{\text{пхво}} = G_{\text{дв}} \cdot C_p \cdot (t''_k - t_{\text{хво}}), \quad (2.32)$$

$$Q_{\text{псв}} = 0,05 \cdot 4,19 \cdot (70 - 20) = 10,5 \text{ (кВт)}.$$

Витрата грійної води на ПХВО

$$G_{\text{пхво}} = Q_{\text{пхво}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.33)$$

$$G_{\text{пхво}} = 10,5 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,125 \text{ (кг/ с)}.$$

Витрата мережного насоса

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) + G_{\text{ПСВ}} + G_{\text{ПХВО}} + G_{\text{ДВ}}, \quad (2.34)$$

$$G_{\text{МН}} = 25,3 \cdot (1 - 0,002) + 0,046 + 0,125 + 0,05 = 25,47 \text{ (кг / с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{МН}} = \frac{G_{\text{МВ}} \cdot (1 - \alpha_{\text{ВТР}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t''_{\text{К}} + G_{\text{ПХВО}} \cdot t''_{\text{К}} + G_{\text{ДВ}} \cdot t''_{\text{К}}}{G_{\text{МН}}}, \quad (2.35)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{25,3 \cdot (1 - 0,002) \cdot 70 + 0,046 \cdot 70 + 0,125 \cdot 70 + 0,05 \cdot 70}{25,47} = 70 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата мережної води в котлі

$$G_{\text{К}} = G_{\text{МН}}, \quad (2.36)$$

$$G_{\text{К}} = 25,47 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність водогрійної частини котельні

$$Q_{\text{К}} = G_{\text{К}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t''_{\text{К}} - t'_{\text{К}}), \quad (2.37)$$

$$Q_{\text{К}} = 25,47 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 2134 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна теплова потужність котельні

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{К}} + Q_{\text{ПС}}^{0,5}, \quad (2.38)$$

$$Q_{\Sigma} = 2134 + 283 = 2417 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива в котлах

$$B_{\text{у}} = \frac{Q_{\Sigma}}{(Q_{\text{НУ}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{К}})}, \quad (2.39)$$

$$B_y = \frac{2,417}{(29,3 \cdot 0,8)} = 0,105 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_\Sigma}{(Q_H^p \cdot \eta_k)}, \quad (2.40)$$

$$B_p = \frac{2,417}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,0789 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата робочого палива на роботу парового і водогрійного котла відповідно

$$B_{pвк} = \frac{2,134}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,0697 \text{ (м}^3\text{/с)},$$

$$B_{pгк} = \frac{0,283}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,0092 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

2.1.3 Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні в міжопалювальний період року

Теплова потужність опалення $Q_{оп} = 0$ кВт.

Для опалювальних пристроїв температурний графік 90/70°C.

Витрата мережної води через радіатори опалення та ГВП

$$G_{мв} = \frac{Q_{оп} + Q_{гвп}}{C_p \cdot (t_{пг} - t_{зв})}, \quad (2.41)$$

$$G_{мв} = \frac{0 + 0,582}{4,19 \cdot (90 - 70)} = 0,00275 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{дв} = G_{мв} \cdot \alpha_{втр}, \quad (2.42)$$

$$G_{дв} = 0,00275 \cdot 0,004 = 0,000011 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата сирій води

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot 1,2, \quad (2.43)$$

$$G_{\text{св}} = 0,0139 \cdot 1,2 = 0,0167 (\text{кг} / \text{с}).$$

Потужність ПСВ

$$Q_{\text{псв}} = G_{\text{св}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}), \quad (2.44)$$

$$Q_{\text{псв}} = 0,0167 \cdot 4,19 \cdot (20 - 5) = 1,05 (\text{кВт}).$$

Витрата грійної води на ПСВ

$$G_{\text{псв}} = Q_{\text{псв}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.45)$$

$$G_{\text{псв}} = 1,05 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,0125 (\text{кг} / \text{с}).$$

Потужність ПХВО

$$Q_{\text{пхво}} = G_{\text{дв}} \cdot C_p \cdot (t''_k - t_{\text{хво}}), \quad (2.46)$$

$$Q_{\text{псв}} = 0,0139 \cdot 4,19 \cdot (70 - 20) = 2,912 (\text{кВт}).$$

Витрата грійної води на ПХВО

$$G_{\text{пхво}} = Q_{\text{пхво}} / (C_p \cdot (t'_k - t''_k)), \quad (2.47)$$

$$G_{\text{пхво}} = 2,912 / (4,19 \cdot (90 - 70)) = 0,035 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата мережного насоса

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{мв}} \cdot (1 - \alpha_{\text{втр}}) + G_{\text{псв}} + G_{\text{пхво}} + G_{\text{дв}}, \quad (2.48)$$

$$G_{\text{мн}} = 6,95 \cdot (1 - 0,002) + 0,0125 + 0,035 + 0,0139 = 6,99 (\text{кг} / \text{с}).$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{MH}} = \frac{G_{\text{MB}} \cdot (1 - \alpha_{\text{BTP}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t''_{\text{К}} + G_{\text{ПХВО}} \cdot t''_{\text{К}} + G_{\text{ДВ}} \cdot t''_{\text{К}}}{G_{\text{MH}}}, \quad (2.49)$$

$$t_{\text{MH}} = \frac{6,95 \cdot (1 - 0,002) \cdot 70 + 0,0125 \cdot 70 + 0,035 \cdot 70 + 0,0139 \cdot 70}{6,95} = 70,5 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата мережної води в котлі

$$G_{\text{К}} = G_{\text{MH}}, \quad (2.50)$$

$$G_{\text{К}} = 6,95 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність водогрійної частини котельні

$$Q_{\text{К}} = G_{\text{К}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t''_{\text{К}} - t'_{\text{К}}), \quad (2.51)$$

$$Q_{\text{К}} = 6,95 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 582 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна теплова потужність котельні

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{К}} + Q_{\text{ПС}}^{0,5}, \quad (2.52)$$

$$Q_{\Sigma} = 582 + 283 = 865 \text{ (кВт)},$$

Витрата умовного та робочого палива в котлах

$$B_{\text{у}} = \frac{Q_{\Sigma}}{(Q_{\text{Hy}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{К}})}, \quad (2.53)$$

$$B_{\text{у}} = \frac{0,865}{(29,3 \cdot 0,9)} = 0,0328 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_\Sigma}{(Q_H^p \cdot \eta_k)}, \quad (2.54)$$

$$B_p = \frac{0,865}{(34 \cdot 0,9)} = 0,0283 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата робочого палива на роботу парового і водогрійного котла окремо.

$$B_{pвк} = \frac{0,582}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,019 \text{ (м}^3 \text{ / с)},$$

$$B_{pпк} = \frac{0,283}{(34,0 \cdot 0,9)} = 0,0092 \text{ (м}^3 \text{ / с)}.$$

Сумарна споживана потужність насосів в середньоопалювальний період роботи котельні [6]

$$N_{CH}^{CO} = N_{CH}^{CO} + N_{pH}^{CO} + N_{HCB}^{CO} + N_{пH}^{CO}, \quad (2.55)$$

$$N_{CH}^{CO} = 2 \cdot 4,75 + 2,054 + 0,107 + 0,094 = 11,76 \text{ (кВт)}.$$

Загальна потужність власних потреб котельні в середньоопалювальний період

$$N_{BH}^{CO} = (N_d + N_{CH}^{CO}) \cdot k, \quad (2.56)$$

де k - коефіцієнт, що враховує потужність освітлювальних приладів та ін.

$$N_{BH}^{CO} = (0,00294 + 11,76) \cdot 1,3 = 12,11 \text{ (кВт)}.$$

2.2 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою

Річна витрата палива

$$B_{pіч} = B_p^{оп} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{оп} + B_p^{соп} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{соп} + B_p^{мо} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{мо}, \quad (2.57)$$

$$V_{\text{річ}} = 0,119 \cdot 6 \cdot 3600 \cdot 30 + 0,11 \cdot 18 \cdot 3600 \cdot 30 + 0,0789 \cdot 6 \cdot 3600 \cdot 149 + \\ + 0,0697 \cdot 18 \cdot 3600 \cdot 149 + 0,036 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 186 + 0,027 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 186 = 1,555 (\text{млн.м}^3/\text{рік}).$$

Витрати на паливо

$$C_{\text{пал}} = V_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{пал}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.58)$$

де $V_{\text{річ}}$ – витрата палива за рік, кг/с;

$\Pi_{\text{пал}}$ – вартість палива, яка становить 17,13 грн/кг [7];

$K_{\text{вп}}$ – коефіцієнт, яким враховують витрату палива.

$$C_{\text{ПАЛ}} = 1,555 \cdot 17,13 \cdot 1,006 = 26,8 (\text{млн.грн./рік}).$$

Річне споживання електричної енергії

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{ОП}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{ОП}} + N_{\text{ВП}}^{\text{СОП}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{СОП}} + N_{\text{ВП}}^{\text{МОП}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{МО}}, \quad (2.59)$$

$$E_{\text{річ}} = 28,46 \cdot 24 \cdot 30 + 18,41 \cdot 24 \cdot 149 + 7,42 \cdot 8 \cdot 186 = 97366 (\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}).$$

Витрати на електричну енергію

$$C_{\text{ЕЕ}} = E_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{ЕЕ}}, \quad (2.60)$$

де $\Pi_{\text{ЕЕ}}$ – вартість електроенергії, $\Pi_{\text{ЕЕ}} = 7,06$ грн/(кВт · год) [8];

$$C_{\text{ЕЕ}} = 7,06 \cdot 97366 \cdot 10^{-6} = 0,687 (\text{млн.грн./рік}).$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = k \cdot H_{\text{а}}, \quad (2.61)$$

де k – капітальні вкладення, млн.грн.

$H_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{ам} = 2,6 \cdot 0,07 = 0,182 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{ам} = 0,2 \cdot C_{ам} , \quad (2.62)$$

$$C_{пр} = 0,2 \cdot 0,182 = 0,0364 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату [9]

$$C_{зп} = Q_{вст} \cdot k_{шт} \cdot \Phi_{зп} \cdot k_{дод} , \quad (2.63)$$

де $Q_{вст}$ – встановлена теплова потужність котельні, МВт;

$k_{шт}$ – штатний коефіцієнт (чисельність персоналу котельні);

$k_{дод}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові нарахування, $k_{дод} = 1,47$,

$\Phi_{зп}$ – середній річний фонд заробітної плати, грн./рік.

$$C_{зп} = 3,373 \cdot 2 \cdot 120000 \cdot 1,47 \cdot 10^{-6} = 1,19 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на воду

$$C_v = (G_{річ} / 1000) \cdot C_v ,$$

де $G_{річ}$ – річна витрата води [14];

C_v – ціна води, 27,9 (грн / м³).

Річна витрата води

$$G_{річ} = (G_{підж}^{оп} \cdot \tau_{оп} + G_{підж}^{соп} \cdot \tau_{соп} + G_{підж}^{моп} \cdot \tau_{моп}) \cdot 3600 , \quad (2.70)$$

$$G_{річ} = (0,096 \cdot 30 \cdot 24 + 0,06 \cdot 149 \cdot 24 + 0,0167 \cdot 186 \cdot 24) \cdot 3600 = 1289623,7 \text{ (кг / рік)}$$

Річні витрати на воду

$$C_v = (1289623,7 / 1000) \cdot 27,9 = 35980,5 \text{ (грн / рік)} = 0,036 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (C_{\text{пал}} + C_{\text{се}} + C_{\text{в}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{зп}}), \quad (2.64)$$

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (26,8 + 0,687 + 0,036 + 0,182 + 0,0364 + 1,19) = 1,73 \text{ (млн.грн./рік)}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{річ}} = C_{\text{пал}} + C_{\text{се}} + C_{\text{в}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.65)$$

$$C_{\text{річ}} = 26,8 + 0,687 + 0,036 + 0,182 + 0,0364 + 1,19 + 1,73 = 30,66 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{\text{річ}} = Q^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + Q^{\text{соп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{соп}} + Q^{\text{мо}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{мо}}, \quad (2.66)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{річ}} = & 3373 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 30 + 330 \cdot 6 \cdot 3600 \cdot 30 + \\ & + 2134 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 149 + 330 \cdot 6 \cdot 3600 \cdot 149 + \\ & + 826 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 186 + 330 \cdot 6 \cdot 3600 \cdot 186 = 43241 \text{ (ГДж/рік)}. \end{aligned}$$

Собівартість теплової енергії

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.67)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{30,66 \cdot 10^6}{43241} = 709,05 \text{ (грн./ГДж)}.$$

2.3 Розрахунок показників роботи котельні з твердопаливними котлами

Теплова потужність системи опалення – 2,326 МВт; теплова потужність системи гарячого водопостачання 0,582 МВт; температурний графік мережі 90/70°C; мінімальна температура води на вході в котел 60°C; температура сирії

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 – 13,3 МДж/кг, для паливних гранул – 17,2 МДж/кг; ККД твердопаливного котла 86% [10].

2.3.1 Розрахунок показників роботи твердопаливних котлів у максимально опалювальний період року

Теплова потужність водогрійної частини котельні (2.19)

$$Q_{\text{к}}^{\text{оп}} = 40,25 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 3373 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива твердопаливних котлів (2.22):

- для тріски з деревини

$$B_{\text{гп}}^{\text{оп}} = \frac{3,373}{(13,3 \cdot 0,86)} = 0,295 \text{ (кг/с)} = 1062 \text{ (кг/год)},$$

- для паливних гранул

$$B_{\text{гп}}^{\text{оп}} = \frac{3,373}{(17,2 \cdot 0,86)} = 0,228 \text{ (кг/с)} = 820,8 \text{ (кг/год)},$$

де $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – наявна теплота для паливних гранул складає 17,2 МДж/кг [10].

Витрата умовного палива (2.21)

$$B_{\text{у}}^{\text{оп}} = \frac{3,373}{(29,3 \cdot 0,86)} = 0,134 \text{ (кг/с)}.$$

ККД котельні (2.23)

$$\eta_{\text{к}}^{\text{оп}} = \frac{3,373}{(0,134 \cdot 29,3)} = 0,859.$$

2.3.2 Розрахунок показників роботи твердопаливних котлів в середньо-опалювальний період року

Теплова потужність водогрійної частини котельні

$$Q_{\text{к}}^{\text{соп}} = 25,47 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 2134 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива на твердопаливний котел (2.40)

- для тріски з деревини

$$B_{\text{ртр}}^{\text{соп}} = \frac{2,134}{13,3 \cdot 0,86} = 0,187 \text{ (кг/с)} = 673,2 \text{ (кг/год)};$$

- для паливних гранул

$$B_{\text{ртр}}^{\text{соп}} = \frac{2,134}{17,2 \cdot 0,86} = 0,144 \text{ (кг/с)} = 518,4 \text{ (кг/год)}.$$

Витрата умовного палива на твердопаливний котел

$$B_y^{\text{соп}} = \frac{2,134}{29,3 \cdot 0,86} = 0,085 \text{ (кг/с)} = 304,2 \text{ (кг/год)}.$$

ККД котельні

$$\eta_k^{\text{соп}} = \frac{2,134}{0,085 \cdot 29,3} = 0,857.$$

2.3.3 Розрахунок показників роботи твердопаливної котельні в міжопалювальний період року

Теплова потужність опалення $Q_{\text{оп}} = 0$ кВт.

Теплова потужність водогрійної частини котельні

$$Q_k^{\text{моп}} = 9,86 \cdot 4,19 \cdot (90-70) = 826 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива на твердопаливний котел

- для тріски з деревини

$$B_{\text{ртр}}^{\text{моп}} = \frac{0,826}{13,3 \cdot 0,86} = 0,072 \text{ (кг/с)} = 259,2 \text{ (кг/год)};$$

- для паливних гранул

$$B_{\text{ртр}}^{\text{моп}} = \frac{0,826}{17,2 \cdot 0,86} = 0,056 \text{ (кг/с)} = 201,6 \text{ (кг/год)}.$$

Витрата умовного палива на твердопаливний котел

$$B_y^{\text{моп}} = \frac{0,826}{29,3 \cdot 0,86} = 0,033 \text{ (кг/с)} = 118,8 \text{ (кг/год)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{моп}} = \frac{0,826}{0,033 \cdot 29,3} = 0,854.$$

Результати розрахунків теплової схеми зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники роботи котельні в опалювальний, середньо-опалювальний та міжопалювальний періоди року

Величина	Позначення	Розмірність	Періоди роботи котельні		
			Опалю- вальний	Середньо- опалювальний	Міжопалю- вальний
Витрата додаткової води	$G_{\text{дв}}$	кг/с	0,08	0,05	0,02
Витрата сирієї води	$G_{\text{св}}$	кг/с	0,096	0,06	0,024
Потужність ПСВ	$Q_{\text{псв}}$	кВт	6,03	3,8	1,5
Витрата грійної води на ПСВ	$G_{\text{псв}}$	кг/с	0,072	0,046	0,018
Потужність ПХВО	$Q_{\text{пхво}}$	кВт	16,8	10,5	3,771
Витрата грійної води на ПХВО	$G_{\text{пхво}}$	кг/с	0,2	0,125	0,045
Витрата мережної води в котлі	$G_{\text{мн}}$	кг/с	40,25	25,47	9,86
Теплова потужність водогрійної частини котельні	$Q_{\text{к}}$	кВт	3373	2134	826
Сумарна потужність котельні	$Q_{\text{сум}}$	кВт	3656	2417	1109
Витрата умовного палива	B_y	кг/с	0,158	0,105	0,049
Витрата робочого палива	B_p	кг/с	0,119	0,0789	0,036
ККД котельні	$\eta_{\text{к}}$	%	89	90	91

Отже, визначено, що потужність котельні у максимально опалювальний, середньоопалювальний і міжопалювальний періоди року 3656 кВт, 2417 кВт, 1109 кВт відповідно. Розрахована витрата палива для роботи котельні.

2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації

Річна витрата робочого палива за (2.57) для тріски з деревини

$$B_{\text{ртр}}^{\text{річ}} = (0,295 \cdot 30 + 0,187 \cdot 149 + 0,072 \cdot 186) \cdot 3600 \cdot 24 = 4329072 \text{ (кг / рік)},$$

- для паливних гранул

$$B_{\text{гп}}^{\text{річ}} = (0,228 \cdot 30 + 0,144 \cdot 149 + 0,056 \cdot 186) \cdot 3600 \cdot 24 = 3344716,8 \text{ (кг / рік)}.$$

Витрати коштів на паливо (2.58):

- для тріски з деревини

$$C_{\text{п}} = 4329072 \cdot 3,8 \cdot 1,006 = 16549176,44 \text{ (грн/рік)} = 16,55 \text{ (млн.грн/рік)},$$

де $C_{\text{п}} = 3,8 \text{ (грн/м}^3\text{)}$ – ціна тріски з деревини для промислових споживачів [12];

- для паливних гранул

$$C_{\text{п}} = 3344716,8 \cdot 7,7 \cdot 1,006 = 25908845,3 \text{ (грн/рік)} = 25,91 \text{ млн.грн/рік}.$$

де $C_{\text{п}} = 7,7 \text{ (грн/м}^3\text{)}$ – ціна паливних гранул для промислових споживачів [13].

Річне споживання електричної енергії (2.59)

$$E_{\text{річ}} = 28,46 \cdot 24 \cdot 19 + 18,41 \cdot 24 \cdot 149 + 7,42 \cdot 8 \cdot 186 = 106042,32 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Витрати на електроенергію (2.60)

$$C_{\text{ел}} = 7,02 \cdot 106042,32 = 744417,09 \text{ (грн/рік)} = 0,74 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = (1289623,7 / 1000) \cdot 27,9 = 35980,5 \text{ (грн / рік)} = 0,036 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Капіталовкладення

$$K = 2,6 \text{ (млн.грн)}. \quad (2.71)$$

Витрата на амортизацію (2.61)

$$C_{\text{ам}} = 5,2 \cdot 0,07 = 0,364 \text{ (млн.грн / рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт (2.62)

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 0,364 = 0,0728 \text{ (млн.грн / рік)}.$$

Витрати на заробітну плату (2.63)

$$C_{\text{зп}} = 3,373 \cdot 2 \cdot 120000 \cdot 1,47 \cdot 10^{-6} = 1,19 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати (2.64):

- для тріски з деревини

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (16,55 + 0,74 + 0,036 + 0,364 + 0,0728 + 1,19) = 1,14 \text{ (млн.грн / рік)};$$

- для паливних гранул

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (25,91 + 0,74 + 0,036 + 0,364 + 0,0728 + 1,19) = 1,69 \text{ (млн.грн / рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати (2.65):

- для тріски з деревини

$$C_{\text{річ}} = 16,55 + 0,74 + 0,036 + 0,364 + 0,0728 + 1,19 + 1,14 = 20,09 \text{ (млн.грн / рік)};$$

- для паливних гранул

$$C_{\text{річ}} = 25,91 + 0,74 + 0,036 + 0,364 + 0,0728 + 1,19 + 1,69 = 30,00 \text{ (млн.грн / рік)}.$$

Річне виробництво теплоти не змінюється і становить 42254 ГДж/рік.

Собівартість виробництва теплової енергії котельнею (2.67):

- для тріски з деревини

$$CB = \frac{20,09 \cdot 10^6}{43241} = 464,61 \text{ (грн/ГДж)}.$$

- для паливних гранул

$$CB = \frac{30,00 \cdot 10^6}{43241} = 693,79 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Отже, собівартість виробництва теплової енергії склала:

- для котлів на трісці з деревини 464,61 грн/ГДж;
- для котлів на паливних гранулах 693,79 грн/ГДж.

Вхідні дані і результати розрахунків показані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники котельні на різних видах палива

Паливо	Природний газ	Тріска з деревини	Паливні гранули
Вартість природного газу, грн/м ³	17,13	-	-
Вартість паливних гранул, грн/кг	-	-	7,7
Вартість паливної тріски, грн/кг	-	3,8	-
Річне споживання електроенергії, кВт год/рік	97366	106042	106042
Ціна на електроенергію, грн/кВт год	7,02	7,02	7,02
Ціна води, грн/м ³	27,9	27,9	27,9
Витрата палива, тис. м ³ / рік, т/рік	1555	4329	3344
Витрати коштів на паливо, млн.грн/рік	26,8	16,55	25,91
Витрати коштів на електроенергію, млн.грн/рік	0,68	0,74	0,74
Витрати коштів на воду, млн.грн/рік	0,036	0,036	0,036
Витрати на амортизацію, млн.грн/рік	0,182	0,364	0,364
Витрати на поточний ремонт, млн.грн/рік	0,0364	0,0728	0,0728
Витрати на заробітну плату, млн.грн/рік	1,19	1,19	1,19
Інші витрати, млн.грн/рік	1,73	1,14	1,69
Загальні річні експлуатаційні витрати, млн.грн/рік	30,66	20,09	30,0
Річний відпуск теплоти, ГДж/рік	43241	43241	43241
Собівартість виробництва, грн/ГДж	709,05	464,61	693,79

2.5 Розрахунок димової труби

Для виконання норм з граничної допустимої концентрації шкідливих викидів під час спалювання твердого палива потрібно визначити розміри димової труби.

Вхідні дані для розрахунку димової труби:

- витрата робочого палива $B_p = 0,295$ кг/с;
- об'єм газів $V_{\Gamma} = 6,306$ м³/кг;
- частка виносу золи $\alpha_{\text{вин}} = 0,85$.

Розрахункова висота димової труби за [15]

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot A \cdot M \cdot F \cdot m}{\frac{C - 2C_{\phi}}{\sqrt[3]{V_{\Gamma}^{д.г}} \cdot \Delta t}}}, \quad (2.72)$$

Маса золи, яка викидається із димової труби

$$M = 0,01 \times n \times B_p \times \alpha_{\text{вин}} \times A^p, \quad (2.73)$$

В рівняннях 2.72 – 2.73 позначено : $m = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує умови виходу продуктів згорання із димової труби;

M – маса золи, яка поступає в атмосферу з димової труби, кг/с;

C – концентрація речовин на поверхні землі, які забруднюють довкілля, кг/м³;

$A = 120$ – коефіцієнт стратифікації атмосфери, $C^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3}$;

$F = 1$ – коефіцієнт, який враховує швидкість осідання речовин, які забруднюють довкілля;

$V_{\Gamma}^{д.г}$ – об'єм продуктів згорання, які проходять через димову трубу, м³/с;

C_{ϕ} – фонові концентрації забруднювальних речовин в атмосфері, кг/м³;

n – кількість котлів;

A^p – масова частка золи в паливі, %;

$\alpha_{\text{вин}}$ – частка виносу золи,

$$M = 0,01 \times 1 \times 0,295 \times 0,85 \times 3,6 = 0,009 \text{ (кг/с)}.$$

Дійсний об'єм продуктів згорання, які викидаються через димову трубу

$$V_{д.г} = n \cdot B_p \cdot V_r \cdot \frac{t_r + 273}{273} \cdot \frac{101000}{h_6}, \quad (2.74)$$

де t_r – температура газів на виході з котла, °C

$$V_{дг} = 1 \cdot 0,295 \cdot 6,306 \cdot \frac{210 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{98000} = 3,39 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Різниця температур

$$\Delta t = \vartheta_{д.г} - t_{зн}, \quad (2.75)$$

де $t_{зн}$ – температура зовнішнього повітря.

$$\Delta t = 210 - 24 = 186 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді розрахункова висота димової труби

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot 120 \cdot 0,009 \cdot 1 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6}}} = 16,0 \text{ (м)}.$$

Розрахунковий діаметр димової труби

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{д.г}}{\pi \cdot w_r}}, \quad (2.76)$$

де w_r – швидкість виходу димових газів. Задаємо 6,2 м/с.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{3,39}{3,14 \cdot 6,8}} = 0,797 \text{ (м)}.$$

Вибираємо стандартну трубу діаметром 800 мм.

3 РОЗРАХУНКИ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА СИСТЕМИ ГВП

3.1 Початкові дані

Витрата мережної води на теплообмінник системи ГВП – $G_1 = 6,945$ кг/с.

Температура «гарячого» теплоносія на вході – $t'_1 = 90$ °С.

Температура «холодного» теплоносія на вході – $t'_2 = 5$ °С.

Температура «холодного» теплоносія на виході – $t''_2 = 55$ °С.

Потужність теплообмінника $Q = 582$ кВт.

Геометричні розміри пластин і типи каналів:

тип гофрованої пластини – «ялинка»;

розмір пластини $280 \text{ мм} \times 700 \text{ мм}$;

площа теплообміну однієї пластини $f_{\text{пл}} = 0,196 \text{ м}^2$;

площа поперечного перерізу одного каналу $f_k = f_2 = f_1 = 0,00112 \text{ м}^2$;

довжина одного каналу $L = 700 \text{ мм}$.

3.2 Тепловий розрахунок

Розрахунки виконаємо за методиками [6, 16]. Теплофізичні властивості «холодного» теплоносія – води для середньої температури [16].

$$t_2 = \frac{t'_2 + t''_2}{2}, \quad (3.1)$$

$$t_2 = \frac{5 + 55}{2} = 30 \text{ (°C)}.$$

густина $\rho_2 = 996,6$ кг/м³;

коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,6120$ Вт/(м·К);

кінематична в'язкість $\nu_2 = 0,805 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Температура «гарячого» теплоносія на виході

$$t''_1 = t'_1 - Q / (C_{p1} \cdot G_1), \quad (3.2)$$

$$t''_1 = 90 - 582 / (4,174 \cdot 6,945) = 70 \text{ (°C)}.$$

Теплофізичні властивості «гарячого» теплоносія – води для середньої температури [16]

$$t_1 = \frac{t'_1 + t''_1}{2}, \quad (3.3)$$

$$t_1 = \frac{90 + 70}{2} = 75(^{\circ}\text{C}),$$

густина води $\rho_1 = 974,8 \text{ кг/м}^3$;

коефіцієнт теплопровідності води $\lambda_1 = 0,671 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

кінематична в'язкість води $\nu_1 = 0,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Масова витрата «холодного» теплоносія

$$G_2 = Q / (Cp_2 \cdot (t''_2 - t'_2)), \quad (3.4)$$

$$G_2 = 582 / (4,174 \cdot (55 - 5)) = 2,778 \text{ (кг / с)}.$$

Середній температурний напір для схеми потоків – протитечія

$$t'_1 = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow t''_1 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$t''_2 = 55^{\circ}\text{C} \leftarrow t'_2 = 5^{\circ}\text{C}$$

Менша різниця температур

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

$$\Delta t_M = 90 - 55 = 35 (^{\circ}\text{C}).$$

Більша різниця температур

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

$$\Delta t_6 = 70 - 5 = 65 (^{\circ}\text{C}).$$

Середньологарифмічна різниця температур

$$\bar{\Delta t} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln \left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} \right), \quad (3.7)$$

$$\bar{\Delta t} = (65 - 35) / \ln \left(\frac{65}{35} \right) = 48,4 (^\circ\text{C}).$$

Об'ємна витрата «гарячого» теплоносія

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (3.8)$$

$$V_1 = \frac{6,945}{974,8} = 0,0071 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Об'ємна витрата «холодного» теплоносія

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2}, \quad (3.9)$$

$$V_2 = \frac{2,778}{996,6} = 0,00279 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Еквівалентний діаметр міжпластинного каналу $d_e \approx 2 \cdot \delta_k$. Приведена довжина каналу зі сторони «гарячого» і «холодного» теплоносіїв $L_{\text{пр}} \approx L$.

Швидкість води в каналах з умови допустимих втрат тиску для пластин типу «ялинка».

$$w_{\text{доп}} = \left(\frac{\Delta P_{\text{доп}}}{5,8 \left(\frac{d_{\text{екв}}}{v_1} \right)^{-0,25} \cdot \frac{\rho_1 \cdot L_{\text{пр}}}{2 \cdot d_{\text{екв}}}} \right)^{\frac{1}{2-0,25}}, \quad (3.10)$$

$$w_{\text{доп}} = \left(\frac{20000}{5,8 \left(\frac{0,008}{0,39 \cdot 10^{-6}} \right)^{-0,25} \cdot \frac{974,8 \cdot 0,7}{2 \cdot 0,008}} \right)^{\frac{1}{2-0,25}} = 0,98 \text{ (м/с)}.$$

Задаємо швидкість теплоносіїв в теплообміннику $w < w_{\text{доп}}$, м/с. Для «холодного» теплоносія $w_2 = 0,3$ м/с, а для «гарячого» визначимо із співвідношення

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{V_1}{V_2}, \quad (3.11)$$

$$w_1 = 0,3 \cdot \frac{0,0071}{0,00279} = 0,76 \text{ (м/с)}.$$

Число Рейнольдса для гарячого теплоносія

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\epsilon}}{\nu_1}. \quad (3.12)$$

$$Re_1 = \frac{0,76 \cdot 0,008}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 15589.$$

Критерій Прандтля для $t_1 = 75^{\circ}\text{C}$ – $Pr_1 = 2,38$, для $t_{\text{ст}1} = 60^{\circ}\text{C}$ – $Pr_{\text{ст}} = 2,98$.

Критерій Нуссельта для “гарячого” теплоносія

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (3.13)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 15589^{0,73} \cdot 2,38^{0,43} \left(\frac{2,38}{2,98} \right)^{0,25} = 213,1.$$

Коефіцієнти тепловіддачі від «гарячого» теплоносія до стінки

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{d_e}, \quad (3.14)$$

$$\alpha_1 = \frac{213,1 \cdot 0,671}{0,008} = 17874 \text{ (Вт / (м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Число Рейнольдса для «холодного» теплоносія

$$\text{Re}_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2}, \quad (3.15)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,3 \cdot 0,008}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 2981.$$

Критерій Прандтля для $t_2 = 30^\circ\text{C}$ – $\text{Pr}_2 = 5,42$, для $t_{\text{ст}2} = 60^\circ\text{C}$ – $\text{Pr}_{\text{ст}} = 2,98$.

Критерій Нуссельта

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot \text{Re}_2^{0,73} \cdot \text{Pr}_2^{0,43} \cdot (\text{Pr}_2 / \text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25}. \quad (3.16)$$

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot 2981^{0,73} \cdot 5,42^{0,43} \left(\frac{5,42}{2,98} \right)^{0,25} = 111,5.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до холодного теплоносія

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_e}. \quad (3.17)$$

$$\alpha_2 = \frac{111,5 \cdot 0,618}{0,008} = 8613,4 \text{ (Вт / (м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Термічний опір стінки, при її товщині $\delta_{\text{ст}} = 0,5 \text{ мм}$,

$$R_{\text{ст}} = \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}, \quad (3.18)$$

$$R_{\text{ст}} = \frac{0,0005}{16} = 3,125 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right).$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.19)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{17874} + 3,125 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{8613,4}} = 4918,9.$$

Коефіцієнт теплопередачі враховуючи забруднення

$$K_3 = K \cdot \psi, \quad (3.20)$$

де ψ – коефіцієнт забруднення, що становить 0,95;

$$K_3 = 4918,9 \cdot 0,95 = 4672,9 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Площа поверхні теплообміну апарата

$$F_{\text{то}} = \frac{Q}{K_3 \cdot \Delta t}, \quad (3.21)$$

$$F_{\text{то}} = \frac{582 \cdot 10^3}{4672,9 \cdot 48,4} = 2,57 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо температуру стінки зі сторони «гарячого» та «холодного» теплоносіїв

$$t_{\text{ст}2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2}; \quad t_{\text{ст}1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1}, \quad (3.22)$$

$$t_{\text{ст}2} = 30 + \frac{4672,9 \cdot 48,4}{8250,3} = 57,4 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad t_{\text{ст}} = 75 - \frac{4672,9 \cdot 48,4}{17874} = 62,3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки розбіжність не перевищує 5%, то температуру стінки не перезадаємо.

3.3. Конструктивний розрахунок

Необхідна кількість каналів для проходження «гарячого» і «холодного» теплоносіїв відповідно

$$m_1 = \frac{V_1}{w_1 \cdot f_1}, \quad (3.23)$$

$$m_2 = \frac{V_2}{w_2 \cdot f_2}.$$

$$m_1 = \frac{0,0071}{0,76 \cdot 0,00112} = 8,34.$$

$$m_2 = \frac{0,00279}{0,3 \cdot 0,00112} = 8,3.$$

Беремо кількість каналів $m_k = 8$ шт.

Кількість пластин в теплообміннику

$$n = 2 \cdot m_2 + 1, \quad (3.24)$$

$$n = 2 \cdot 8 + 1 = 17.$$

Площа поверхні теплообміну

$$F_{\text{п.то}} = n \cdot f_{\text{пл}}, \quad (3.25)$$

$$F_{\text{п.то}} = 16 \cdot 0,196 = 3,136 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Кількість ходів в теплообміннику

$$X = F_{\text{то}} / F_{\text{п.то}}, \quad (3.26)$$

$$X = 2,57 / 3,136 = 0,82 - \text{теплообмінник одноходовий.}$$

Запас поверхні нагріву

$$\varepsilon = \frac{F_{\text{п.то}} - F_{\text{то}}}{F_{\text{п.то}}} \cdot 100, \quad (3.27)$$

$$\varepsilon = \frac{3,136 - 2,57}{3,136} \cdot 100\% = 18,0\%.$$

3.4 Гідравлічний розрахунок

Коефіцієнти загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу:

$$\xi_1 = \frac{5,8}{\text{Re}_1^{0,25}}, \quad (3.28)$$

$$\xi_1 = \frac{5,8}{15589^{0,25}} = 0,519.$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{\text{Re}_2^{0,25}}, \quad (3.29)$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{2981^{0,25}} = 0,78.$$

Гідравлічний опір пакетів пластин:

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{L_{\text{np}}}{d_e} \cdot \rho_1 \cdot \frac{w_1^2}{2} \cdot X_1, \quad (3.30)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,519 \cdot 1 \cdot 974,8 \cdot 0,76^2 \cdot 1}{0,008 \cdot 2} = 18263 (\text{Па}) .$$

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{L_{np}}{d_e} \cdot \rho_2 \cdot \frac{w_2^2}{2} \cdot X_2, \quad (3.31)$$

$$\Delta P_2 = \frac{0,78 \cdot 1 \cdot 996,6 \cdot 0,3^2 \cdot 1}{0,008 \cdot 2} = 4372,6 (\text{Па}) .$$

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ГАРЯЧОЇ ВОДИ ПОТУЖНІСТЮ 582 КВТ

4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

В даній роботі розробляється варіант встановлення пластинчатого водоводяного теплообмінника потужністю 582 кВт для підігріву води на потреби гарячого водопостачання Калинівської центральної районної лікарні. Теплообмінник встановлюється в приміщенні котельні лікарні.

Підігрів води на потреби гарячого водопостачання здійснюється і у теплообміннику THERMAKS PTA (GL)-13-P-0488, грійним теплоносієм якої є мережна вода котлів KB-0,63БТ.

Теплообмінник є пластинчатим розбірним апаратом. Поверхня нагріву теплообмінника 3,136 м². Приєднання до мережі за допомогою фланців Ду 50. Габаритні розміри теплообмінника 353x320x840 мм. Гофровані пластини теплообмінника виготовлені із нержавіючої сталі AISI316. Повністю розбірна конструкція теплообмінника дозволяє здійснювати хімічну та механічну (з розбиранням) очищення поверхонь нагріву. Температурний діапазон (– 20)°С... (+180) °С.

Необхідний напір для циркуляції холодного теплоносія у каналах теплообмінника і у системі теплофікації забезпечується циркуляційним горизонтальним відцентровим консольним моноблочним насосом K50-32-125. Максимальна робоча температура насоса складає 85 °С. Характеристики насоса: подача 12,5 м³/год, напір 20 м вод. ст., потужність 1,5 кВт, ККД– 55%, n = 3000 об/хв. Насосний агрегат має розміри: 800x340x362 мм. Маса насосного агрегату 56 кг.

Температура та тиск теплоносіїв контролюється за допомогою біметалевих трубчатих термометрів і манометрів.

Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені засувки типу «Баттерфляй».

4.2 Розрахунок трубопроводів системи підготовки гарячої води

Як матеріал для трубопроводів системи підготовки гарячої води використані сталеві електрозварні труби виконані за ДСТУ 8943:2019 [17].

Витрата гарячого теплоносія (мережної води від котлів)

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p (t_{\text{П}} - t_{\text{ЗВ}})}, \dots\dots (4.1)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{582}{4,19 \cdot (90 - 70)} = 6,945 \text{ (кг/с)}.$$

Діаметр трубопровода

$$d_{\text{TM}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{TM}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{В}}}}, (4.2)$$

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

ρ – густина теплоносія в трубопроводі, $\rho_{\text{В}} = 983$ кг/м³.

$$d_{\text{TM}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,945}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 971,8}} = 0,091.$$

Розрахунок діаметрів усіх трубопроводів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок діаметрів трубопроводів котельні

Назва трубопроводу	Витрата води, кг/с,	Розрахунковий діаметр, м	Стандартний діаметр, мм
Мережної води	6,945	0,091	108×4
Гарячої та холодної води	2,778	0,059	76×3

Документація, необхідна для монтажу системи підготовки гарячої води, передбачена ДСТУ Б А.2.4-4 [18].

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 Відомість витрат матеріалів

№	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість, шт.	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Водоводяний пластинчатий теплообмінник THERMAKS PTA (GL)-13-P-0488, $F_{то} = 3,136 \text{ м}^2$	шт	1	105,84	105,84
2	Насос К50-32-125 відцентровий, горизонтальний, консольний моноблочний [19]	шт	2	56	112
3	Засувки міжфланцеві EFEKT Ду 100 [20]	шт	2	5,4	10,8
4	Засувки міжфланцеві EFEKT Ду 65	шт	7	3,7	25,9
5	Клапан NORVA 435, Ду 65	шт	2	16	32
6	Лічильник холодної води WPK-UA 65*В, DN65 [21],	шт	1	14	14
7	Перехід концентричний 65/50 (L=89 мм)	шт	4	0,47	1,88
8	Перехід концентричний 100/50 (L=102 мм)	шт	2	1,7	3,4
9	Перехід концентричний 65/32 (L=89 мм)	шт	4	0,47	1,88
10	Кран шаровий фланцевий Ду 50	шт	6	7,41	44,46
11	Труба сталевая електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 100	м	3,8	10,2	38,76
13	Труба сталевая електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 65	м	22,7	5,4	122,58
11	Теплоізоляційний циліндр Sweetondale, діаметром 76 мм товщиною 40 мм [22]	м	22,7	1,61	36,55
12	Теплоізоляційний циліндр Sweetondale, діаметром 108 мм товщиною 40 мм [22]	м	3,8	2,05	7,79
13	Манометр технічний	шт	4	0,27	1,08
	Термометр біметалевий трубчастий	шт	3	0,13	0,39

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Потреба у допоміжних матеріалах					
для монтажу теплообмінника [23]					
16	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	1	0,0027	2,7
17	Електроди , діаметр 4 мм, марка Е42А	т	1	0,00051	0,51
18	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
19	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,01	0,01
20	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00254	2,54
21	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 50 мм	шт	4	2,06	8,24
22	Пароніт	т	1	0,00022	0,22
23	Фарба земляна густотерта олійна, я, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
24	Вода	м ³	1	0,26	260
для монтажу термометрів і манометрів [23]					
25	Масло індустріальне И-20А	т	7	0,00011	0,77
26	Оліфа натуральна	кг	7	0,01	0,07
27	Очіс льняний	т	7	0,00001	0,07
28	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	7	0,00001	0,07
для монтажу засувки та зворотних клапанів Ду 100, Ду 65 [24]					
34	Болти з гайками з шестигранною головкою діаметром 12 (14) мм	т	0,9	0,071	63,9
35	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,9	1,7	1,53
для монтажу трубопроводів Ду 100, Ду 65 [24]					
37	Круги армовані абразивні зачисні ø 180 х 6 мм	шт	0,039*0,508+ 0,123*0,762	0,36	0,36
38	Пароніт	т	0,039 0,123	0,003 0,005	0,732
39	Електроди , діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,161	0,005	0,805
41	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа, діаметр 100 мм	шт	4	3,96	15,84

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
42	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа, діаметр 65 мм	шт	14	2,8	39,2
для монтажу теплової ізоляції трубопроводів Ду 100, Ду 65 [25]					
43	Стрічка сталевая пакувальна, м'яка, альної точності 0,7 мм×(20 мм – 50 мм)	т	0,38 2,27	0,00287 0,00253	6,834
44	Пряжки	кг	0,38 2,27	0,09	0,239
для гідравлічного випробування трубопроводів [23]					
47	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,265	0,00005	0,013
48	Оліфа натуральна	кг	0,265	0,02	0,005
49	Очіс льняний	т	0,265	0,00002	0,005
50	Вода	м ³	0,265	3,8	1007
для монтажу насосів [23]					
51	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	2	0,00039	0,78
52	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	2	0,07	0,14
53	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00127	2,54
	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	2	0,014	50,4
54	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	2	2,06	4,12
	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 32 мм	шт	2	1,4	2,8
для монтажу лічильника холодної води WPK-UA 65*В, DN65 [23]					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00054	0,54
	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,15	0,15
	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0015	1,5
	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа, діаметр 65 мм	шт	2	2,8	5,6
	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	1*0,0001	1800	0,18
	Кріплення для трубопроводів (кронштейни, планки, хомути)	кг	1	7,1	7,1

Маса основного обладнання і матеріалів – 559,31 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 220,61 кг.

Необхідна кількість води – 1,267 т.

Маса для доставки – 950,83 кг.

4.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Усі з'єднання з теплообмінником мають бути забезпечені запірними клапанами. Нижні з'єднання повинні бути забезпечені дренажними клапанами, а верхні – повітроспускними пристроями. Регулювальний клапан з гарячого боку повинен бути встановлений на лінії подачі між насосом і відсічним клапаном [26].

Перед здаванням змонтованого апарату в експлуатацію виконують гідравлічне випробування теплообмінника.

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано автомашиною IVECO - DAILY 35 С 160 L2H2 за два рази. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики IVECO - DAILY 35 С 160 L2H2 [27]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Максимальна маса	кг	3500
Кількість осей: всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	1900
Витрата палива	л/100 км	7,8
Габарити:		
- довжина		6250
- ширина		2050
- висота		2800
Власна маса	кг	2677

Для зварювання використовується інвертор зварювальний Kruger WIK 300 [28]. Його технічна характеристика: споживана потужність, кВт – 5,8; сила струму, А – 10-300; діаметр електрода, мм – 1,6 – 5; ККД, % - 85; маса – 4,2 кг.

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо опресувальник електричний ЕНА 10-60, його характеристика в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики опресувальника електричного ЕНА 10-60 [29]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність	л/хв.	10
Максимальний тиск	бар	60
Живлення мережі	В	220
Потужність	Вт	1500
Маса	кг	17

Для підйому вантажу використовуємо лебідку з електроприводом KCD. Її характеристики вказані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом KCD [30]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кН	500
Розрахункова швидкість навивання каната	м/с	7 – 14
Діаметр каната	мм	6,5
Довжина каната	м	30
Потужність двигуна	кВт	2,5
Габарити:		
Довжина	мм	5300
Ширина	мм	260
Висота	мм	360
Маса	кг	47

Для переміщення теплообмінника, насосів та трубопроводів по території монтажного майданчика використовуємо візок гідравлічний ручний NIULI СВУ-АС30. Його характеристики вказані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Візок гідравлічний ручний NIULI СВУ-АС30 [31]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	3000
Довжина вил	мм	1150
Ширина вил	мм	550
Маса	кг	80

Для влаштування кріплень використовується перфоратор бочковий Rebiner RBH-1750, що має такі технічні характеристики: напруга живлення 220 В, кількість обертів 0 – 950 об/хв., кількість ударів 4200 уд./хв., потужність 1500 Вт, енергія удара 5,5 Дж, максимальний діаметр свердління в бетоні 32 мм, маса 7,9 кг [32].

Таблиця 4.7– Набір інструментів та пристосувань для монтажників [33]

Найменування	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній		
М17×19 мм	6	0,9
М19×22 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
		11,75 кг

Під час монтажу трубопроводів використовується кутова шліфмашина STURM 1.9кВт 180мм з характеристиками: діаметр диску 180 мм, потужність інструменту 1900 Вт, напруга живлення 220 В, кількість обертів 8700 об./хв., маса 3,06 кг [34].

Загальна маса допоміжного обладнання складає 170,91 кг.

Для того щоб виключити можливість виникнення нещасних випадків на заготівельних роботах та під час монтажу необхідно суворо притримуватись правил техніки безпеки та протипожежної техніки [35].

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуті заходи з охорони праці під час реалізації заходів з модернізації котельні Калинівської центральної районної лікарні. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будівель і споруд (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), 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 будівель і споруд необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів [38]. За наявності цих факторів, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам ДБН «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [38] 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. У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб.

Фарбування й антикорозійний захист конструкцій і устаткування у випадках, коли це виконується на будівельному майданчику, необхідно робити до піднімання конструкцій на проектну позначку. Після піднімання зазначених конструкцій фарбування чи здійснення антикорозійного захисту допускається виконувати тільки в місцях стиків і з'єднань конструкцій. Розпакування та розконсервування обладнання, що підлягає монтажу, необхідно виконувати у зоні, відведеній відповідно до ПВР, і здійснювати на спеціальних стелажах чи прокладках висотою не менше ніж 100 мм. Під час розконсервування обладнання не допускається застосування інструментів і матеріалів із вибухо-пожежонебезпечними властивостями.

Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій та обладнання, що монтуються. Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання. Піднімання робітників по навісних драбинах на висоту більше ніж 10 м допускається лише у разі їх обладнання площадками для відпочинку не менше ніж через кожних 10 м по висоті. Розтяжки для тимчасового закріплення конструкцій, що монтуються, необхідно прикріпити до надійних опор. Кількість розчалювань, їх матеріал і перетин, способи натягування і місця закріплення визначаються у ПВР.

Розтяжки необхідно розташовувати за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин; вони не повинні мати дотику до гострих кутів інших конструкцій. Перегин розтяжок у місцях дотику їх до інших конструкцій допускається лише після перевірки міцності та стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалювання. Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтуються, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати

засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка вантажного захоплювального засобу перевищує 2 м.

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

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

Встановлення та 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.

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.

Опускати труби у закріплену траншею необхідно так, щоб не порушувати кріплення траншеї. Не дозволяється скочувати труби в траншею за допомогою ломів і ваг, а також використовувати розпірки кріплення траншей як опори для труб.

У приміщеннях знежирення трубопроводів забороняється користуватися відкритим вогнем і допускати іскроутворення. Місце, де проводиться знежирення, необхідно відгородити та позначити знаками безпеки. Електроустановки у зазначених приміщеннях повинні бути у пожежо-вибухобезпечному виконанні. Приміщення, в яких проводиться знежирення, повинно бути обладнано припливно-витяжною вентиляцією. В разі виконання робіт на відкритому повітрі працівники повинні перебувати з навітряної сторони. Працівники, зайняті на знежиренні трубопроводів, повинні бути забезпечені відповідними протигазами, спецодягом, рукавицями і гумовими рукавичками

згідно з нормами безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту.

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

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

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [39, 40]: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
 - використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
 - підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;
- електрозахисні засоби захисту: основні та допоміжні. Основними електрозахисними засобами (до 1000В) є ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками; додатковими – 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 [41] встановлюють нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні, які наведено в табл. 5.1.

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

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Іа	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]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. 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 [41]. 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/куб.м		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 [42]. Нагромадження пилу в будь-якій

області 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 [43]. 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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н\text{пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, 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).

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [44]. Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в табл. 5.4.

Для зниження шуму в приміщеннях на будівництві за «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація», 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.

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

5.2.5 Виробнича вібрація

На будівельному майданчику присутня вібрація типу За [45]. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 5.5.

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.

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.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [46, 47]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [48], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [49].

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

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку [50]. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в табл. 5.6.

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

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

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в табл.5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за табл.5.8 (знаменник).

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

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

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі [51].

В проектуваному приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

На території будівництва встановлено 6 вогнегасників ВП-5.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі виконано розрахунки існуючої та модернізованої теплової схеми водогрійної котельні Калинівської центральної районної лікарні. Котельня відпускає теплоносій з температурним графіком в максимально зимовий період року 90/70°C для систем гарячого водопостачання та опалення. За результатами розрахунків визначено потужність котельні у максимально опалювальний, міжопалювальний і середноопалювальний періоди року, які становлять 3656 кВт, 1109 кВт, 2417 кВт відповідно. Визначено витрату палива для роботи котельні для цих періодів та визначено витрати всіх потоків у схемі. Річна витрата палива – 1,555 млн.м³/рік, річний відпуск теплоти – 43241 ГДж /рік, річне споживання електроенергії – 97366 кВт·год/рік.

Виконано розрахунок техніко-економічних показників котельні на природному газі, визначено собівартість теплової енергії – 709,05 грн/ГДж. Загальні експлуатаційні витрати склали 30,66 млн.грн/рік.

Розглянуті варіанти роботи водогрійної котельні на природному газі, паливних гранулах, трісці з деревини. Результати розрахунків показали, що собівартість виробництва теплоти в разі роботи водогрійних котлів на трісці з деревини та паливних гранулах становить 464,61 грн/ГДж і 693,79 (грн/ГДж) відповідно.

Для забезпечення потреб споживачів гарячого водопостачання та опалення лікарні вибрано переведення роботи водогрійних котлів на твердопаливні, що працюватимуть на трісці з деревини. До встановлення вибрані котли водогрійні КВа(KV)-1,0Р.

Для відведення відхідних газів котлів та виконання норм з граничної допустимої концентрації шкідливих викидів під час спалювання твердого палива розраховано висоту і діаметр димової труби, які становлять 16,0 м і 800 мм відповідно.

Для підігрівання води на потреби гарячого водопостачання вибрано пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA (GL)-13-P-0488. Виконані тепловий, конструктивний і гідромеханічний розрахунки пластинчатого водоводяного теплообмінника потужністю 582 кВт системи гарячого

водопостачання. Теплообмінник встановлюється в тепловому пункті лікарні. Розрахункова поверхня нагріву 3,136 м².

Розроблено технологію монтажу системи підготовки гарячої води з піковою потужністю 582 кВт. Визначено діаметри трубопроводів для забезпечення транспортування теплоносіїв теплообмінника, а саме діаметр трубопроводу холодної і гарячої води обрано 76×3 мм, діаметр трубопроводу мережної води – 108×4,0 мм.

Розроблено монтажну схему та складено відомість основних та допоміжних матеріалів, які потрібні для монтажу системи підготовки гарячої води. При цьому встановлено, що маса основного обладнання і матеріалів 559,31 кг, а допоміжного – 220,61 кг.

Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашина IVECO - DAILY 35 С 160 L2H2, для зварювання використовується зварювальний інвертор зварювальний Kruger WIK 300, для випробування трубопроводів на міцність та щільність – опресувальник електричний ЕНА 10-60, для підйому вантажу – лебідку з електроприводом KCD вантажопідйомністю 500 кг, для переміщення вантажу – візок гідравлічний ручний NIULI CBY-AC30, для влаштування кріплень – перфоратор бочковий Rebiner RBH-1750, під час монтажу трубопроводів використовується кутова шліфувальна машина STURM 1.9кВт 180мм.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 170,91 кг.

Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Модернізація котелень. URL: <https://www.kronaimpuls.com.ua/optimalni-rishennya-dlya-modernizatsiyi-kotelen-2/> (дата звернення: 05.04.2024).
2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч./ С.О.Кудря. К.: НТУУ «КП», 2012. – 492 с.
3. Переобладнання газових котлів і котелень. [Електронний ресурс]. – URL: https://pwp.in.ua/blog/pereobladnannya_gazovih_kotliv_i_kotelen. (дата звернення: 14.04.2024).
4. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Теплові розрахунки промислових парогенераторів. Вінниця: ВДТУ, 1999. – 352 с.
5. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
6. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
7. Тарифи на газ для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-09-01/> (дата звернення: 05.04.2024).
8. 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: 05.04.2024).
9. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.
10. 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.
11. Войцицький А. П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. Техноекологія : підручник/за ред.В.М. Боголюбова. Київ: Аграрна освіта, 2009. 533 с.
12. Тріска опалювальна 1 м куб. Ціна на пелети та тріску. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/shepa-otopitelynaya> (дата звернення: 18.04.2024).

13. Ціни на паливні гранули. URL: https://www.biowood.com.ua/ru/product-category/pellety-toplivnye/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rDJ-4WvO-hqllngT8sM3mAOp24Ku5RbMkKHPJorPVwwYcmVkfWyBoCTloQAvD_Bw_E (дата звернення: 18.04.2024).
14. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/> (дата звернення: 18.03.2024).
15. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «районна опалювальна котельня»/Під ред. І.О.Редько. Харків: Український державний університет залізничного транспорту, 2022. 56 с.
16. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
17. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. : Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 20 с. (Національні стандарти України). URL : http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення 16.04.2024 р.).
18. ДСТУ Б А.2.4-4: 2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації. URL : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-1-0-781 (дата звернення 16.04.2024 р.).
19. Насос K50-32-125. URL : <https://konsolnik.com.ua/nasosyi-konsolnyie-k-km/nasos-k50-32-125/> (дата звернення 16.04.2024 р.).
20. Засувка Батерфляй Ду 100 ЕФЕКТ з чавунним диском ущільнення EPDM. URL : <https://teplakor.com.ua/products/butterfly-valve-du-100> (дата звернення 16.04.2024 р.).
21. ЛІЧИЛЬНИК ХОЛОДНОЇ ВОДИ WPK 65, ТУРБІННИЙ, ФЛАНЦОВЕ З'ЄДНАННЯ GROSS R 100. URL: <https://akvateh.dp.ua/ua/p19200766-schetchik-holodnoj-vody.html>. (дата звернення 16.04.2024 р.).
22. Технічна ізоляція та вогнезахист. ЦИЛІНДР. URL: <https://sweetondale.cz/materials/materiali-dlya-tekhnichnoi-izolyatsii-ta-vognezakhist/tsilindr/> . (дата звернення 06.01.2024 р.).
23. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-

07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення 16.04.2024 р.).

24. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 406 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/503fe171-e113-488b-8d73-9fcce5e9de05.pdf> (дата звернення 16.04.2024 р.).

25. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2022-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення 16.04.2024 р.).

26. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

27. IVECO - DAILY 35 C 160 L2H2. URL: <https://www.kleynvans.com/en/vehicle/details/306747/IVECODAILY35C> . (дата звернення 16.04.2024 р.).

28. Інвертор зварювальний Kruger WIK 300. URL: <https://svarmarket.com.ua/uk/svarochniy-invertor-kruger-wik-300-ua> . (дата звернення 16.04.2024 р.).

29. Опресувальник електричний ЕНА 10-60. URL: <https://hydro-tools.com.ua/p/1391982085-opressovshchik-elektricheskiy-ena-10-60-10-l-min-do-60-bar/> . (дата звернення 16.04.2024 р.).

30. Лебідка електрична KCD. URL: https://lifti.com.ua/tproduct/408269893-786705256461-lebdka-elektrichna-kcd?editionuid=644415776231&gclid=CjwKCAiAk9itBhASEiwA1my_648YBroUmdE8Q68zTP7hmnJfzQo_it9mF10iIQf3cSWyMRO7dpBeCRoCKZUQAvD_BwE . (дата звернення 16.04.2024 р.).

31. ГІДРАВЛІЧНИЙ ВІЗОК СВУ-АС30, NIULI, ВИЛА 1150MM. URL: <https://www.zeus.ua/ua/catalog/307/gidravlicheskaya-televhka-cby-ac30-niuli-vilyi->

[1150mm](#) . (дата звернення 16.04.2024 р.).

32. Перфоратор бочковий Rebiner RBH-1750. URL: <https://rebiner.ua/uk/rbh-1750.html>. (дата звернення 16.04.2024 р.).

33. Каталог будівельних машин і інструментів. URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення 16.04.2024 р.).

34. Болгарка (кутова шліфувальна машина) STURM 1.9кВт 180мм. URL: https://www.leroymerlin.ua/p/Bolgarka_kutova_shlifovalna_mashyna_STURM_19kVt_180mm.11919404 . (дата звернення 16.04.2024 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.

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->.

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>.

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>.

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>.
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>.
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>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація котельні Калинівської центральної районної лікарні

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 81,8 Схожість 18,2

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Грига А.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Резидент Н.В.

(прізвище, ініціали)

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

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

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц.

_____ Степанов Д.В.
(підпис)

“ _____ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу на
тему:

«Модернізація котельні Калинівської
центральної районної лікарні»

08-15.БДР.010.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к. т. н. доц.. Резидент Н. В.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-22мс

Грига А.І.

1 Найменування і область використання продукції

Розробка стосується промислової теплоенергетики і модернізації котельні Калинівської центральної районної лікарні, яка дозволить зменшити собівартість виробництва теплової енергії та шкідливі викиди котельні в навколишнє середовище.

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 80 від «11» березня 2024 року.

3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу альтернативними видами палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом встановлення котлів на відновлюваних видах палива та встановлення системи очищення відхідних газів.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну 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 тепlopостачання : 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.....2.32 МВт

5.3 Теплова потужність гарячого водопостачання.....0,582 МВт

5.4 Температурний графік.....90/70 °С

5.5 Температура води для потреб ГВП.....55 °С

5.6 Паливо:

- природний газ;
- тріска з деревини, паливні гранули.

5.7 Забезпечення зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

5.8 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 дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкта	15.03.24...19.03.24	
2	Розрахунки показників роботи водогрійної котельні до та після модернізації	19.03.24...05.03.24	
3	Розрахунки пластинчастого теплообмінника системи гарячого водопостачання	06.04.24...18.04.24	
4	Технологія монтажу системи підготовки гарячої води потужністю 582 кВт	19.04.24...01.05.24	
5	Охорона праці	02.05.24...18.05.24	
6	Оформлення БДР	19.05.24...30.05.24	
7	Попередній захист БДР	31.05.24...10.06.24	
8	Захист БДР	11.06.24...21.06.24	

Дата видачі завдання «__»_____ 2024 р.

Крайні терміни виконання «__»_____ 2024 р.

10 Порядок контролю та приймання

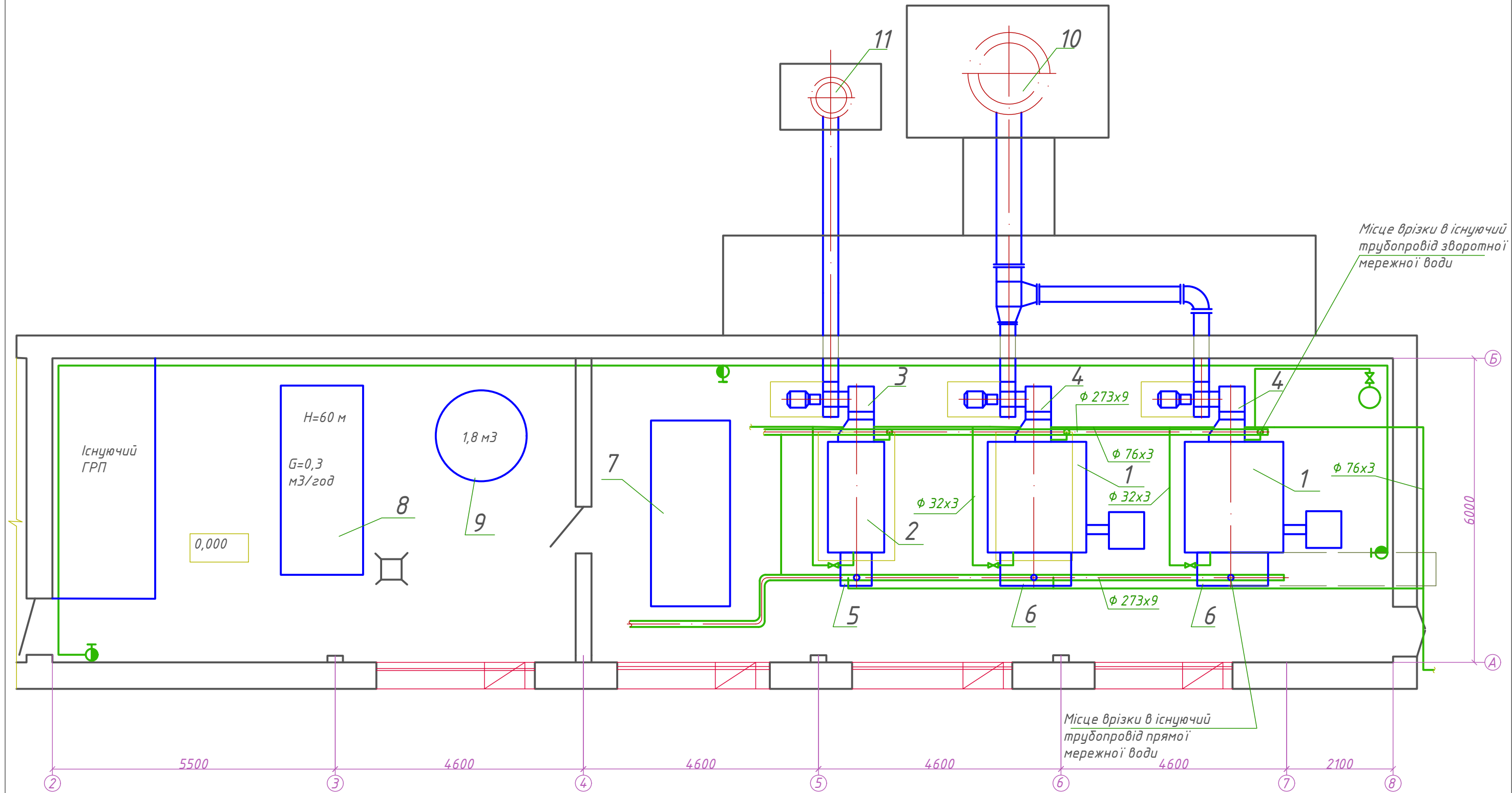
Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється керівником БДР згідно з графіком виконання. Приймання БДР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

«МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ КАЛІНІВСЬКОЇ
ЦЕНТРАЛЬНОЇ РАЙОННОЇ ЛІКАРНІ»



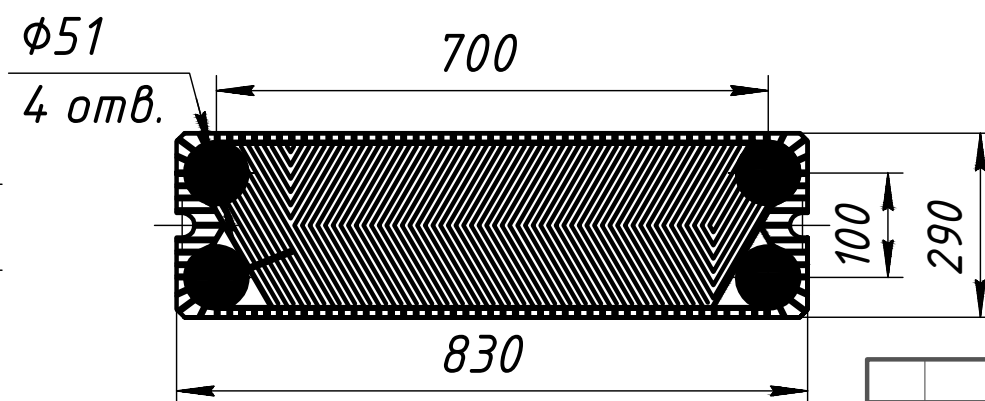
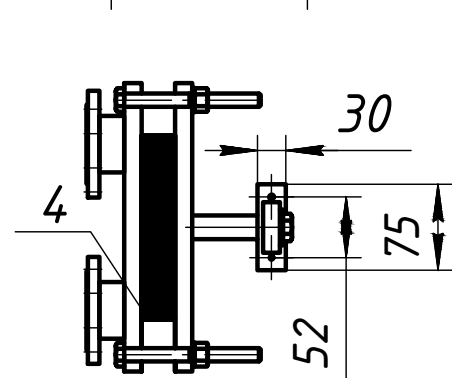
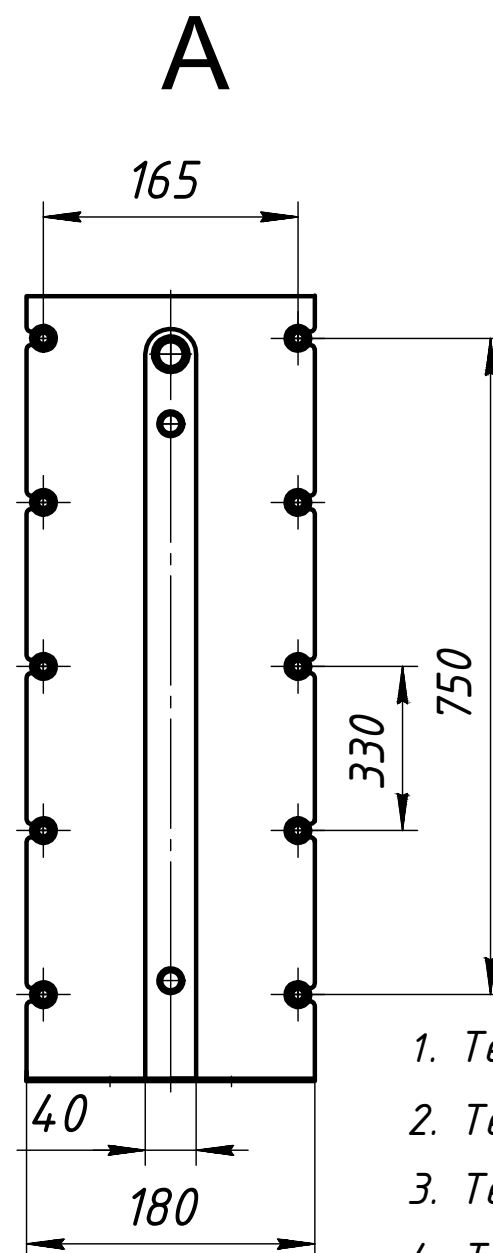
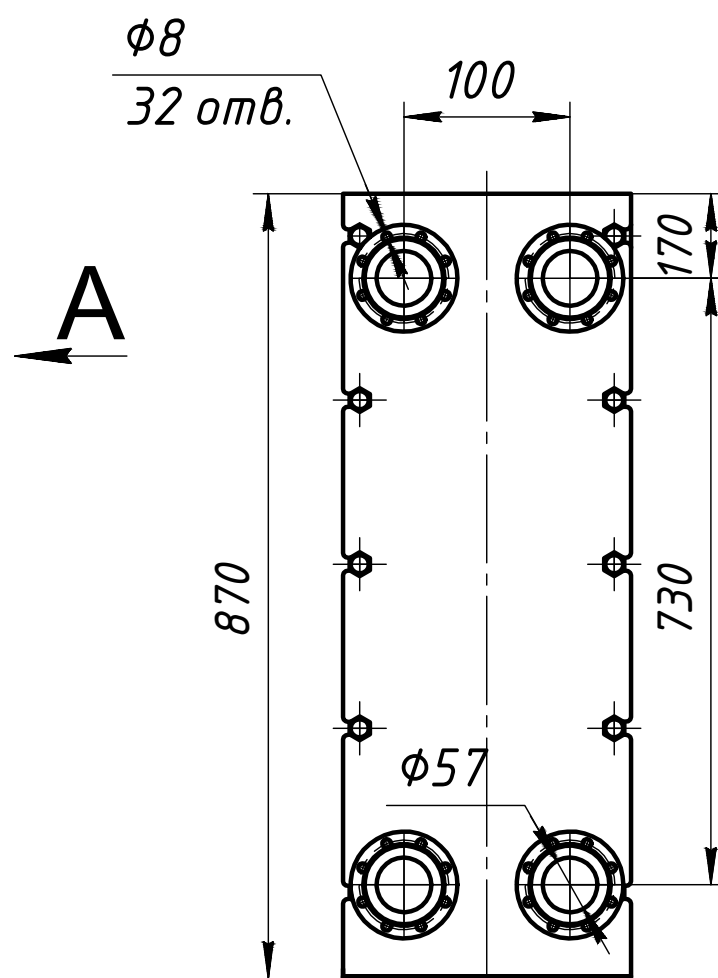
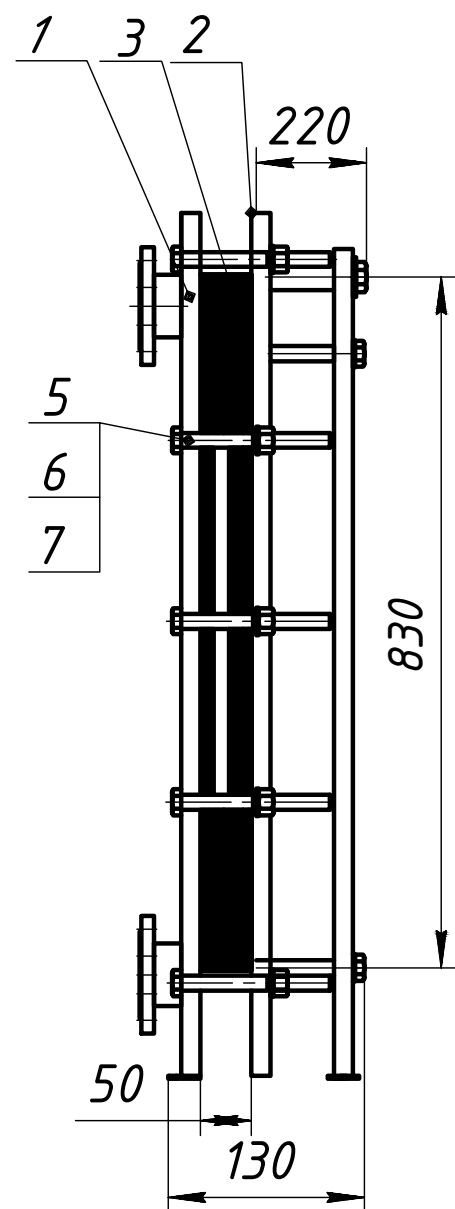
Замість Інв. N

Підпис і дата

Інв. N ориг.

						08-15.БДР.010.03.00.000 АР		
						м. Калинівка		
Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація котельні Калинівської центральної районної лікарні План котельні на відм. 0.000 після модернізації	Стадія	Аркуш
Розробив		Грига А.І.						Аркушів
Перевірів		Резидент Н.В.						1
Т.контр.								
Рецензент		Бондар А.В.						
Н.контр.		Співак О.Ю.					ВНТУ, ТЕ-22мс	
Затверд.		Степанов Д.В.						

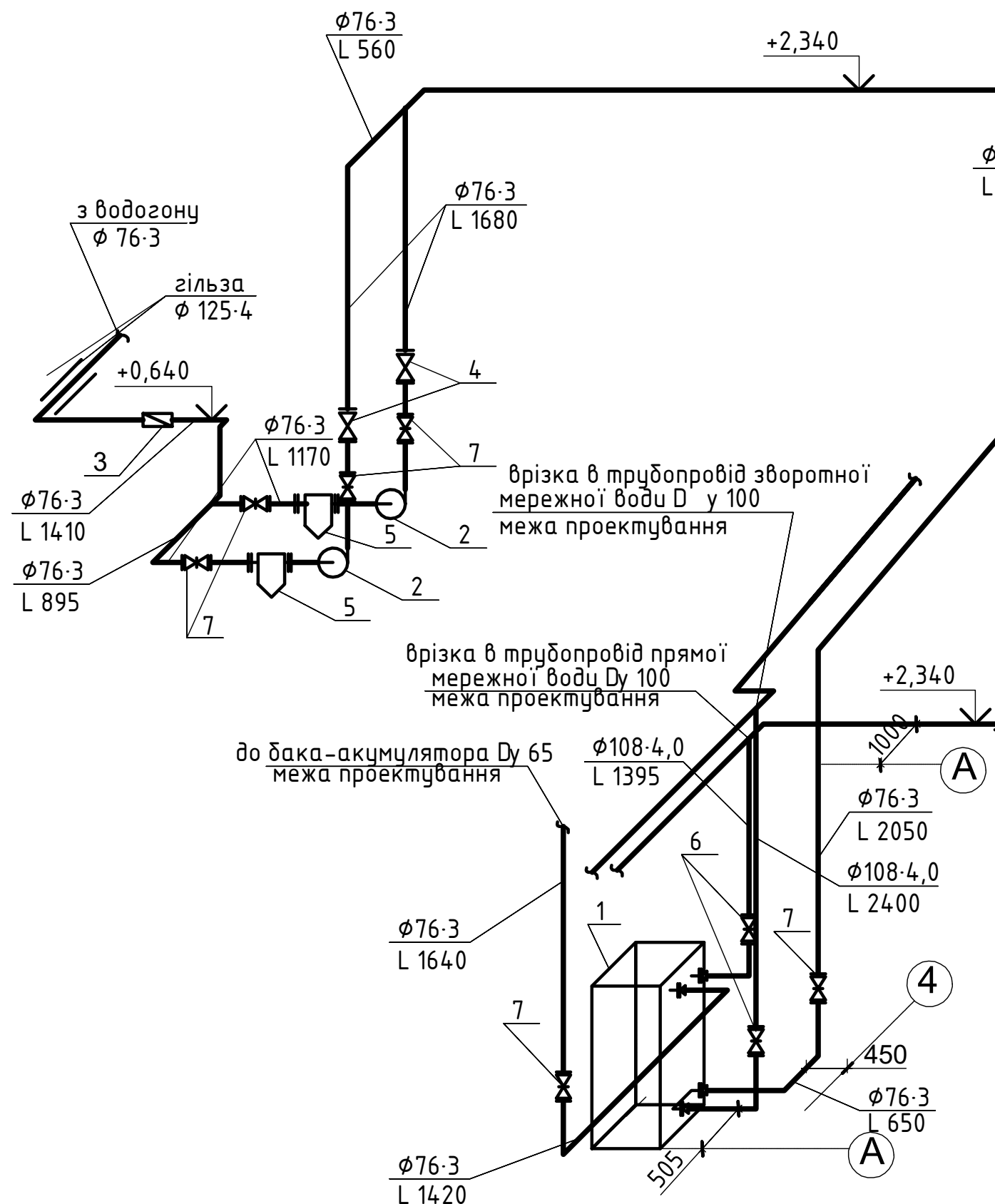
Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
					<u>Документація</u>			
	A3			08-15.БДР.010.04.00.000 СК	Складальне креслення			
					<u>Складальні одиниці</u>			
	A3	1		08-15.БДР.010.04.01.000	Плита нерухома	1		
	A3	2		08-15.БДР.010.04.02.000	Плита рухома	1		
					<u>Деталі</u>			
	A3	3		08-15.БДР.010.04.00.003	Пластина	17		
	A3	4		08-15.БДР.010.04.00.004	Прокладка	18		
					<u>Стандартні вироби</u>			
		5			Болт М10х80 ГОСТ 15589-70	32		
		6			Гайка М10 ГОСТ 126-2041-96	32		
		7			Шайба 10 ГОСТ 11371-78	32		
				08-15.БДР.010.04.00.000				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Грига А.І.			Теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення)	Лім.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Резидент Н.В.						
Рецензент		Бондар А.В.						
Н.контр.		Співак О.Ю.				ВНТУ, гр. ТЕ-22мс		
Затверд.		Степанов Д.В.						



Технічні характеристики

1. Температура "гарячого" теплоносія на вході 90°C
2. Температура "холодного" теплоносія на вході 5°C
3. Температура "гарячого" теплоносія на виході 70°C
4. Температура "холодного" теплоносія на виході 55°C
5. Площа теплообміну однієї пластини 0,196 м²
6. Теплова потужність теплообмінника 582 кВт
7. Товщина пластин 0,5 мм
8. Кількість пластин 17 шт.

						08-15.БДР.010.04.00.000 СК			
Зм.	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення)	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Грига А.І.							
Перевірив		Резидент Н.В.							
Т.контр.									
Рецензент		Бондар А.В.							
Н.контр.		Співак О.Ю.					ВНТУ, гр.ТЕ-22мс		
Затверд.		Степанов Д.В.							



ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Номер	Найменування	Кільк.
1	Теплообмінник пластинчатий	1
2	Насос K50-32-125	2
3	Лічильник хол. води WPK-UA 65*B, DN65	1
4	Зворотний клапан Ду65	2
5	Грязьовик	2
6	Засувка міжфланцева EFEKT Ду 100	2
7	Засувка міжфланцева EFEKT Ду 65	6

						08-15.БДР.010.005.00.000 Г5						
						м. Калинівка						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата							
Виконав		Грига А.І.				Модернізація котельні Калинівської центральної районної лікарні				Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Резидент Н.В.										
Т.контр												
Рецензент		Бондар А.В.				Схема монтажна аксонометрична системи підготовки гарячої води				ВНТУ, гр. ТЕ-22мс		
Н.контр.		Співак О.Ю.										
Затв.		Степанов Д.В.										