

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра теплоенергетики

**Бакалаврська дипломна робота на тему:**  
Переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю  
«АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива

Виконав: студент 2 курсу,  
групи ТЕ-21мс  
спеціальності 144 – теплоенергетика  
Бондар Д.С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТЕ  
Степанов Д.В.  
(прізвище та ініціали)  
14.06 2023 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент  
каф. БМГА  
Андрухов В.М.  
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

В. о. зав. кафедри ТЕ

Степанов Д.В.

« 14 » 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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

В. о. Завідувача кафедри ТЕ  
П.В. Степанов  
2023 року

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бондар Дмитро Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи:

Переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю  
«АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива.

Керівник роботи Степанов Дмитро Вікторович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2023 р. № 67

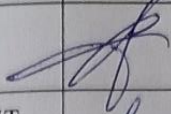
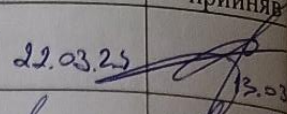
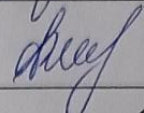
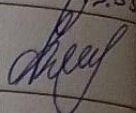
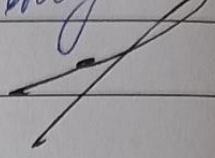
2. Термін подання студентом роботи : 12.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: Паливом є природний газ з теплотою згорання  
 $Q_{\text{гв}} = 34,03 \text{ МДж/м}^3$ , паровидатність 12 т/год, температура живильної води з  
деаератора  $t_{\text{жв1}} = 104^\circ\text{C}$ , а після охолодника  $t_{\text{жв2}} = 98^\circ\text{C}$ . частка повернення зворотного  
конденсату з підприємства складає 92%, частка безперервної продувки становить 0,03.

4. Зміст текстової частини: Багатоваріантний аналіз підвищення ефективності,  
математичне моделювання для обґрунтування доцільності переведення котельні на тверде  
паливо, розробка елементів котельні, розробка технології монтажу пластинчастого  
теплообмінника, охорона праці.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
План котельні з розташуванням трубопроводів, схема котельні теплова принципова,  
теплообмінник пластинчастий, схема монтажна аксонометрична.

### 6. Консультанти розділів роботи

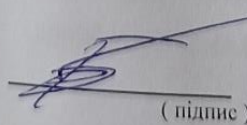
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Степанов Д.В., в.о.зав.каф.ТЕ	 22.03.23	 23.03
5	Віштак І.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри БЖДПБ		
нормоконтроль	Співак О.Ю., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 22.03.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		Початок	Закінчення	
1	Багатоваріантний аналіз підвищення ефективності	22.03.2023	29.03.2023	вик
2	Математичне моделювання для обґрунтування доцільності переведення котельні на тверде паливо	30.03.2023	15.04.2023	вик
3	Розробка елементів котельні	16.04.2023	07.05.2023	вик
4	Розробка технології монтажу пластинчастого теплообмінника	08.05.2023	19.05.2023	вик
5	Охорона праці	20.05.2023	30.05.2023	вик
6	Оформлення БДР	31.05.2023	11.06.2023	вик
7	Захист БДР	12.06.2023	19.06.2023	вик

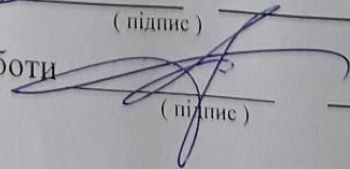
Студент

  
(підпис)

**Бондар Д.С.**

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

**Степанов Д.В.**

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.18

Бондар Д.С. Переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю «Агрона Фрут Україна» на спалювання твердого палива. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 52 с. Бібліогр.: 33; рис.: 6; табл. 9.

У даній бакалаврській дипломній роботі розглянуто часткове заміщення природного газу на паровій котельні відновлюваним паливом – паливним гранулами з деревини.

Проведений огляд літературних та патентних джерел, що стосуються переходу газових котлів на тверде паливо. Також були здійснені розрахунки техніко-економічних показників роботи котельні для різних видів енергоресурсів, включаючи тверде та газове паливо. Додатково був проведений аналіз декількох варіантів модернізації котельні.

Для проведення числових досліджень розроблена математична модель для розрахунку собівартості виробництва теплоти та термін окупності. Досліджено вплив цін на паливо і як це впливає на собівартість виробництва теплової енергії та на термін окупності.

Розроблена технологія монтажу пластинчастого теплообмінника. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання трубопроводів, складені відомості по виконанню робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу пластинчастого теплообмінника, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт.

Розроблено карту умов праці в котельні та заходи з пожежної безпеки.

Ключові слова: котельня, тепла схема, модернізація, пелети, гранули, переведення

## ABSTRACT

Bondar D.S. Conversion of the boiler house of «Agrana Fruit Ukraine» Limited Liability Company to burn solid fuel. Bachelor's degree in specialty 144 – Heat power engineering, educational program – Heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 52 p. Bibliogr .: 33 titles; fig .: 6; table 9.

In this bachelor's thesis, we consider the partial replacement of natural gas in a steam boiler with renewable fuel - wood pellets.

A review of literature and patent sources related to the conversion of gas boilers to solid fuels was conducted. Also calculated the technical and economic performance of the boiler house for different types of energy resources, including solid and gas fuels. Additionally, several options for modernizing the boiler house were analyzed.

To conduct mathematical studies, a mathematical model was developed to calculate the cost of heat production and the payback period. The influence of fuel prices and how it affects the cost of heat production and the payback period is explored.

The technology for the installation of a plate heat exchanger was developed. The equipment layout was completed, pipeline layout schemes were developed, and work orders were drawn up. The required number of products and materials for the installation of the plate heat exchanger, the need for auxiliary materials, and the selection of machines, mechanisms and devices for installation work were determined.

A card of working conditions in the boiler room and fire safety measures were developed.

Keywords: boiler house, thermal scheme, modernization, pellets, grains, transfer

## Зміст

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ</b> ..	9
1.1 Обґрунтування доцільності переходу на альтернативне паливо .....	12
1.2 Варіант встановлення предтопку для спалювання дерев'яних пелет.....	12
<b>2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНІ НА ТВЕРДЕ ПАЛИВО</b> ..	16
2.1 Опис математичної моделі .....	16
2.2 Результати моделювання .....	17
<b>3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ КОТЕЛЬНІ</b> .....	20
3.1 Результати теплового розрахунку парогенератора CONDOR HD 01-12 на твердому паливі.....	20
3.2 Розробка теплової схеми котельні.....	21
3.2.1 Режим часткового навантаження.....	22
3.2.2 Режим максимального навантаження. ....	27
3.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання .....	31
3.3.1 Перевірка котлоагрегатів.....	31
3.3.2 Перевірка тягодуттєвого обладнання.....	32
3.3.3 Перевірка насосів .....	33
3.4 Розробка пластинчастого водоводяного теплообмінника .....	35
3.4.1 Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінника .....	35
3.4.2 Конструктивний розрахунок теплообмінника .....	42
3.4.3 Гідравлічний розрахунок пластинчастого водонагрівача.....	44
<b>4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА</b> .....	47
4.1 Розрахунок трубопроводів, обв'язки теплообмінника.....	48
4.2 Визначення складу і об'єму робіт. Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій.....	52
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань .....	54

<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	57
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	58
5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць .....	58
5.1.2 Електробезпека .....	59
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	60
5.2.1 Мікроклімат .....	60
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	61
5.2.3 Виробниче освітлення .....	62
5.2.4 Виробничий шум та вібрації .....	63
5.2.5 Виробничі вібрації .....	63
5.2.6 Інфрачервоне випромінювання .....	64
5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки .....	65
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	68
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	70
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки БДР .....	73
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання .....	74
Додаток В (обов'язковий). Графічна частина .....	79

## ВСТУП

Україна займає 9 місце в світі по використанню природного газу. Тому треба забезпечити зменшення споживання блакитного палива в промисловості та житлово-комунальному господарстві. В зв'язку з різким подороженням ціни на газ все більше організацій переходять на альтернативне паливо. На сьогоднішній день пошук альтернативних енергоносіїв є дуже актуальним.

Це актуальна тема у сучасному світі, де все більше й більше людей шукають ефективні способи зменшення відповідного викидів шкідливих речовин у повітря та економії коштів на опаленні. Переведення котельні на тверде паливо може мати багато переваг для забезпечення більш сталих та ефективних методів опалення. Тверде паливо, зазвичай є дешевшим та більш доступним, ніж газове чи нафтове паливо. Використання твердого палива також зменшує викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин у повітря, що робить його більш екологічним варіантом опалення. Крім того, переведення котельні на тверде паливо може забезпечити більш сталий постачання тепла, тому що тверде паливо може бути збережене у повних складах протягом довшого періоду часу, ніж газове чи нафтове паливо.

У промисловості, транспортних засобах та комунально-побутовій сфері, як паливо використовують природний та нафтовий попутний газ, вугілля, деревину, торф, лігніт (буре вугілля), біопаливо, продукти нафтопереробки, лісопереробки, відходи сільського господарства, технологічні гази хімічних та металургійних виробництв, тверді побутові відходи, (паливо з відходів) — гранульоване паливо, виготовлене з горючої частини твердих побутових відходів. Зазвичай вищенаведені види палива можуть бути альтернативою одне одному. Найпоширеніші приклади застосування: вугілля як палива, альтернативі блакитному паливу так і гранульоване паливо використовують, як альтернатива вугіллю [1].

Для заміщення основного палива альтернативним не є достатнім подати еквівалентну кількість палива, оскільки його теплотворна здатність є меншою.



Для того щоб зберегти ефективність та продуктивність даного агрегату є необхідним підвищити температуру горіння твердого палива до значень близьких до показників основного палива. Цього досягають шляхом підігрівання повітря або повітря й палива водночас, збагаченням повітря киснем. Переведення котельні на альтернативне паливо є енергоефективним кроком, який допоможе зменшити залежність від горючих корисних копалин. Даний процес вимагає ґрунтового планування, проектування та впровадження відповідних технологій.

Під час переведення котельні на тверде паливо важливо звернути увагу на екологічні аспекти, а саме на енергоефективність та довгострокову стійкість. Потрібно забезпечити регулярне технічне обслуговування нового апарату це збереже роботу котельні на оптимальному рівні і підтримає його термін експлуатації [2].

Метою даної роботи є зменшення споживання природнього газу на котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут Україна» шляхом встановлення предтопку для спалювання твердого палива. Для досягнення цієї мети поставлені наступні завдання:

1. Багатоваріантний аналіз підвищення ефективності.
2. Математичне моделювання для обґрунтування доцільності переведення котельні на тверде паливо
3. Результати теплового розрахунку парогенератора CONDOR HD 01-12 на твердому паливі.
4. Розробка теплової схеми котельні.
5. Перевірка основного та допоміжного обладнання
6. Розробка пластинчастого водоводяного теплообмінника
7. Розробка технології монтажу пластинчастого теплообмінника
8. Розробка заходів з охорони праці.

## 1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ

На котельні ТОВ «Агрона Фрут Україна» встановлено два парогенератори CONDOR HD 01-12, марки Velde Boilers and Plants паровидатністю 12 т/год кожен. В якості основного палива використовують природний газ [3].

Розраховано витрати пари, конденсатів та води, визначена потужність парогенераторів, яка в максимальному режимі склала 7,075 МВт. Витрата природного газу в режимі максимального навантаження складає 822,42 м<sup>3</sup>/год, а витрата твердого палива в даному режимі складає 1783,84 кг/год. В режимі часткового навантаження витрата природного газу складає 627,6 м<sup>3</sup>/год, а твердого палива 1361,22 кг/год.

За рік котельня споживає близько 6,179 мільйонів кубометрів природного газу та 277 МВт електроенергії.

Значні витрати на паливо та електроенергію призводять до високої собівартості виробництва теплоти, що складає 1036,14 грн/ГДж.

В цілях підвищення якості роботи котельні та поліпшення її екологічних та економічних показників запропоновано такі варіанти модернізації.

1. Часткова заміна палива для газових парових котлів, шляхом встановлення предтопку, що працюють на гранулах.

2. Часткова заміна палива для газових парових котлів, шляхом встановлення предтопку, що працюють на сухій соломі.

3. Заміна газового парового котла на твердопаливний парогенератор на вугіллі.

4. Встановлення на котельні газотурбінної установки для виробництва власної електроенергії і скидання теплоти відхидних газів в додатково встановлений паровий котел-утилізатор.

5. Встановлення протитискової парової турбіни на насиченій парі для виробництва власної електроенергії.

6. Встановлення протитискової парової турбіни на перегрітій парі для виробництва власної електроенергії.

Варіант 1 є, на нашу думку, раціональним, тому що капіталовкладення в модернізацію відносно невеликі. Встановлення твердопаливного предтопку вимагає, не великих капіталовкладень. Значне збільшення габаритів не змусить переобладнувати котельню, оскільки там є вільне місце. Річна витрата твердого палива буде значною, що вимагатиме будівництва великого критого сховища для палива, відповідно, значних площ.

Переведення котельні на тверде паливо включає в себе кілька задач, які треба вирішити для ефективного та безпечного переходу на новий тип палива. Ось кілька головних задач, з якими можна зіткнутися при перекладі котельні на тверде паливо.

1. Вибір підходящого котла: Перш за все, вам потрібно вибрати підходящий тип котла для спалювання твердого палива. Це може бути котел на дровах, брикетах, вугіллі або іншому виді твердого палива, залежно від доступності та ваших потреб.

2. Реконструкція системи: Переклад на тверде паливо може вимагати реконструкції системи котельні. Наприклад, може бути необхідно встановити новий котел, перебудувати тепловий обмінник або додати систему зберігання та подачі палива.

3. Установка системи зберігання та подачі палива: Якщо ви переходите на тверде паливо, може знадобитися встановлення системи зберігання (сховище для палива) та подачі палива до котла. Це можуть бути бункери, транспортери або інші системи залежно від обсягу та потреб вашої котельні.

4. Перевірка безпеки та дотримання нормативів: При перекладі котельні на тверде паливо необхідно враховувати безпекові аспекти. Потрібно перевірити, чи відповідає система пожежної безпеки вимогам, чи дотримуються нормативи з викидів та чи забезпечена належна вентиляція приміщення.

Варіант 2 матиме перевагу завдяки дешевшому паливу, але недоліки цього варіанту більш значні. Встановлення твердопаливного предтопку для спалювання соломи, по-друге, великих капіталовкладень. По-третє, твердопаливний предтопок значно більший за габаритами, ніж на вугіллі чи пелетах з деревини, тому необхідно буде перебудувувати котельню. Річна витрата твердого палива буде значною, що вимагатиме будівництва великого критого сховища для палива, відповідно: більших поставок, значних площ та капіталовкладень.

Варіант 3 є не найгіршим варіантом, але зважаючи на ситуацію в країні і заблоковані родовища цього палива на сході нашої держави ціна на нього піднялась. Заміна газових котлів на твердопаливні потребує:

- великих капіталовкладень;
- твердопаливні котли є більш громіздкі, ніж газові.

Річна витрата твердого палива є значно більшою, що потребує великого критого сховища для палива, відповідно, великих капіталовкладень та великої площі.

Варіант 4 не є раціональним, оскільки капіталовкладення в дану систему є занадто великі (котел-утилізатор, газова турбіна, додаткові приміщення), габаритні розміри споруди котельні не дозволять розмістити в ній все необхідне обладнання. Під час роботи газових турбін екологічні показники котельні погіршаться в зв'язку із більшими викидами в атмосферу

Варіант 5 є раціональним, оскільки дозволить виробляти власну електроенергію у невеликій кількості з використанням існуючого обладнання на котельні за рахунок встановлення протитискової парової турбіни, що працюватиме на насиченій парі. Мінусами є необхідність заміни живильних насосів на потужніші та встановлення резервної редуційно-охолоджувальної установки.

Варіант 6 пов'язаний із здатністю виробляти власну електроенергію в межах даної котельні завдяки встановленню пароперегрівників на

парогенераторах, заміни насосів а також резервної редуційно-охолоджувальної установки. Встановлення пароперегрівника надає можливість перегрівати пару на виході з котла, що збільшить вироблення електроенергії.

Для техніко-економічного обґрунтування обрані варіанти встановлення твердопаливного парового котла, когенераційної установки на базі газопоршневого двигуна, твердопаливних предтопків.

### 1.1 Обґрунтування доцільності переходу на альтернативне паливо

Взагалі, перехід на альтернативне паливо є стратегічно важливим кроком у напрямку сталого розвитку, зменшення негативного впливу на довкілля та створення більш стійкого та ефективного енергетичного сектору.

Традиційні палива, такі як нафта та вугілля, є обмеженими ресурсами, які з часом будуть вичерпані. Альтернативні джерела енергії, навпаки, можуть бути безмежними або є більш відновлюваними. Наприклад, сонячна енергія, вітер, геотермальна енергія та інші джерела енергії є нескінченними та доступними. Залежність від імпорту нафти та інших традиційних палив ставить багато країн у вразливе положення. Розвиток альтернативних джерел енергії дозволяє зменшити залежність від імпорту та створити внутрішні джерела енергії, що забезпечує більшу енергетичну безпеку для країни. Перехід на альтернативне паливо може мати економічні переваги. В деяких випадках воно може бути дешевшим за традиційні палива [1].

### 1.2 Варіант встановлення предтопку для спалювання дерев'яних пелет

Твердопаливний котел заміщує потужність систем опалення, вентиляції, ГВП та власних потреб, яка складає згідно 5398,45 кВт в обох режимах. Такі потужності забезпечити спалюванням пелет з деревини витратою, відповідно,

1361,22 кг/год. При цьому досягається зменшення витрати природного газу на, відповідно, 628,02 м<sup>3</sup>/год та на 627,6 м<sup>3</sup>/год..

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання робіт складається локальний кошторис. Орієнтовні додаткові капіталовкладення в твердопаливний котел, димову трубу та зміну системи постачання теплоти  $K = 3$  млн. грн.

Витрати твердого палива за рік

$$V_{\text{річ газ}} = (V_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + V_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + V_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600, \quad (1.1)$$

$$V_{\text{річ газ}} = (0,054 \cdot 150 + 0,054 \cdot 0) \cdot 3600 \cdot 24 = 0,70144 \text{ (млн. м}^3\text{/рік)}.$$

$$V_{\text{річ тп}} = (V_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + V_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + V_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600,$$

$$V_{\text{річ тп}} = (0,38 \cdot 150 + 0,38 \cdot 214) \cdot 3600 \cdot 24 = 11,951 \text{ (млн. т/рік)}.$$

Економія природного газу за рік (за 1.1)

$$\Delta V_{\text{газу}} = (628,02 \cdot 150 + 627,6 \cdot 214) \cdot 24 = 5,484 \text{ (млн. м}^3\text{/рік)}.$$

Річна економія на паливі

$$\Delta S_{\text{п}} = \Delta V_{\text{газу}} \cdot C_{\text{газу}} - V_{\text{річ тв.п.}} \cdot C_{\text{тв.п.}}, \quad (1.2)$$

де  $C_{\text{газу}}$  - ціна природного газу, приймаємо 31,95 грн/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{тв.п.}}$  – ціна твердого палива, приймамо для дерев'яних пелет 10,532 грн/кг.

$$\Delta S_{\text{п}} = 5484226 \cdot 31,95 - (11951000 \cdot 10,532 + 701440 \cdot 31,95) = 26,942 (\text{млн.грн} / \text{рік}).$$

Річне виробництво теплоти котельнею не змінюється в порівнянні з існуючою схемою котельні.

Загальні витрати води на підживлення не змінюються.

Перевитрата електроенергії через функціонування твердопаливного котла (рециркуляційний насос, мережні насоси, вентилятори, система подавання палива) складає  $\Delta N = 3$  кВт протягом всього року. Тоді перевитрати на електроенергію

$$\Delta S_{\text{еє}} = \Delta N \cdot \tau \cdot C_{\text{еє}}, \quad (1.3)$$

де  $C$  – тариф за електроенергію, дорівнює 5,8 грн/(кВт·год).

$$\Delta S_{\text{еє}} = 3 \cdot 8760 \cdot 5,8 = 152,4 (\text{тис.грн} / \text{рік}).$$

Витрати на оплату праці не змінюються.

Додаткові амортизаційні відрахування

$$\Delta S_{\text{А}} = 7,5\% \cdot K, \quad (1.4)$$

$$\Delta S_{\text{А}} = 0,075 \cdot 3 = 225 (\text{тис.грн} / \text{рік}).$$

Додаткові витрати на ремонт [4]

$$\Delta S_p = 0,2 \cdot \Delta S_A , \quad (1.5)$$

$$\Delta S_p = 0,2 \cdot 225 = 45 \text{ (тис.грн/рік).}$$

Інші витрати

$$\Delta S_I = 0,3 \cdot (\Delta S_A + \Delta S_p), \quad (1.6)$$

$$\Delta S_I = 0,3 \cdot (225 + 45) = 81 \text{ (тис.грн/рік).}$$

Зміна експлуатаційних витрат

$$\Delta S = \Delta S_{\text{пал}} - (\Delta S_{\text{еє}} + \Delta S_A + \Delta S_p + \Delta S_I) , \quad (1.7)$$

$$\Delta S = 26942 - (152,4 + 225 + 45 + 81) = 26438,6 \text{ (тис.грн/рік).}$$

Собівартість виробництва теплоти [5]

$$C_B = \frac{S - \Delta S}{Q} \quad (1.8)$$

$$C_B = \frac{208767000 - 26438600}{201485,085} = 904,926 \text{ (грн / ГДж).}$$



## 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ НА ТВЕРДЕ ПАЛИВО

Для проведення числових досліджень розроблена математична модель для розрахунку собівартості виробництва теплоти та термін окупності. За прикладом попереднього розділу.

### 2.1 Опис математичної моделі

Дана модель є статичною, детермінованою, відносно розмірності простору – одновимірною, відносно зміни параметрів – дискретною, структурно-функціональною.

Модель включає в собі рівняння: витрати твердого палива, економія природного газу, річна економія на паливі, перевитрати на електроенергію, додаткові амортизаційні відрахування, додаткові витрати на ремонт, інші витрати, зміна експлуатаційних витрат, собівартість виробництва теплоти.

Математична модель реалізована в середовищі Microsoft Excel. Математичний опис моделі складається з 10 рівнянь.

Початковими даними є:

1. Витрати палив
2. Режим повного/часткового навантаження
3. Зменшення витрати палива при повному/частковому навантаженні
4. Ціни на паливо
5. Ціна електроенергії
6. Капіталовкладення
7. Річне виробництво теплоти
8. Загальні витрати

Вихідними даними:

1. Витрата палива

2. Економія палива
3. Річна економія на паливі
4. Перевитрата на електроенергію
5. Додаткові амортизаційні відрахування
6. Додаткові витрати на ремонт
7. Зміна експлуатаційних витрат
8. Собівартість виробництва теплоти

## 2.2 Результати моделювання

Використовуючи наведену математичну модель, були проведені числові експерименти для оцінки економічних, таких як: собівартість виробництва теплової енергії та термін окупності.

Результати математичної моделі економічних показників при зміні ціни на природний газ рис. 2.1-2.3

1	Витрата палива 1		м3/с		0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
2	Режим часткового навантаження		днів		214	214	214	214	214	214
3	Режим повного навантаження		днів		150	150	150	150	150	150
4	Витрата палива2		кг/с		0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
5	Зменшення витрати палива 1 при ПН		м3/год		628,02	628,02	628,02	628,02	628,02	628,02
6	Зменшення витрати палива 1 при ЧН		м3/год		627,6	627,6	627,6	627,6	627,6	627,6
7	Ціна палива 1		грн/м3		35	33	31,95	28	25	20
8	Ціна палива 2		грн/кг		10,532	10,532	10,532	10,532	10,532	10,532
9	Ціна електроенергії		грн/(кВт*год)		5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
10	Перевитрата електроенергії		кВт		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
11	Капіталовкладення К		грн		1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
12	Річне виробництво теплоти $Q_{гн}$		ГДж/рік		201485,09	201485,09	201485,1	201485,1	201485,1	201485,1
13	Загальні витрати S (до реконстр)		грн/рік		229633000	217275000	2,11E+08	1,86E+08	1,68E+08	1,37E+08

Рисунок 2.1- Початкові дані при зміні ціни на природний газ

15	$V_{рн\ газ}$		м3/рік		699840	699840	699840	699840	699840	699840
16	$V_{рн\ тп}$		кг/рік		11950848	11950848	11950848	11950848	11950848	11950848
17	$\Delta V_{нагу}$		м3/рік		5484225,6	5484225,6	5484226	5484226	5484226	5484226
18	$\Delta S_{тп}$		грн/рік		41587165	32018394	26994789	8096466	-6256691	-3E+07
19	$\Delta S_{нагу}$		грн/рік		152424	152424	152424	152424	152424	152424
20	$\Delta S_{л}$		грн/рік		75000	75000	75000	75000	75000	75000
21	$\Delta S_{р}$		грн/рік		15000	15000	15000	15000	15000	15000
22	$\Delta S_{с}$		грн/рік		27000	27000	27000	27000	27000	27000
23	$\Delta S$		грн/рік		41317741	31748970	26725365	7827042	-6526115	-3E+07
24	$C_{л}$		грн/ГДж		934,63622	920,79287	913,5251	886,1845	865,4195	830,8111
25	Термін окупності		років		0,0242027	0,0314971	0,037418	0,127762	-0,15323	-0,03284

Рисунок 2.2 - Вихідні данні при зміні ціни на природний газ

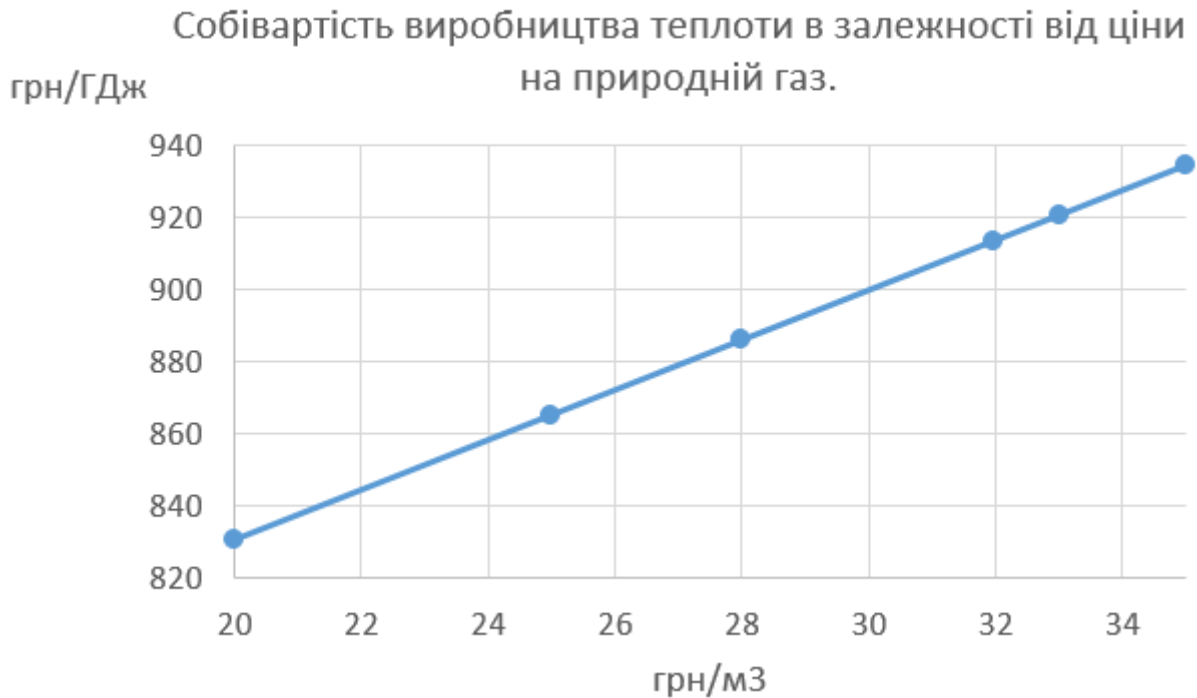


Рисунок 2.3 - Собівартість виробництва теплоти в залежності від ціни на природний газ.

З діаграми видно, що доцільність нашого метода є економічно вигідною при великій розбіжності цін на паливо. При зменшенні різниці цін між природним газом та гранулами, собівартість виробництва теплової енергії росте, як і термін окупності.

Результати математичної моделі економічних показників при зміні ціни на пелети рис. 2.4-2.6.

29	Витрата палива 1		м3/с		0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
30	Режим часткового навантаження		днів		214	214	214	214	214	214
31	Режим повного навантаження		днів		150	150	150	150	150	150
32	Витрата палива2		кг/с		0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
33	Зменшення витрати палива 1 при ПН		м3/год		628,02	628,02	628,02	628,02	628,02	628,02
34	Зменшення витрати палива 1 при ЧН		м3/год		627,6	627,6	627,6	627,6	627,6	627,6
35	Ціна палива 1		грн/м3		31,95	31,95	31,95	31,95	31,95	31,95
36	Ціна палива 2		грн/кг		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>10,5</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
37	Ціна електроенергії		грн/(кВт*год)		5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
38	Перевитрата електроенергії		кВт		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
39	Капіталовкладення K		грн		1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
40	Річне виробництво теплоти Q <sub>річ</sub>		ГДж/рік		201485,09	201485,1	201485	201485	201485	201485
41	Загальні витрати S (до реконстр)		грн/рік		210787050	2,11E+08	2,1E+08	2,1E+08	2,1E+08	2,1E+08

Рисунок 2.4 - Початкові дані при зміні ціни на гранули.

43	В <sub>рік газ</sub>			м3/рік	699840	699840	699840	699840	699840	699840
44	В <sub>рік т</sub>			кг/рік	11950848	11950848	11950848	11950848	11950848	11950848
45	ΔB <sub>газу</sub>			м3/рік	5484225,6	5484225,6	5484226	5484226	5484226	5484226
46	ΔS <sub>п</sub>			грн/рік	-26401600	9450943,9	27377216	45303488	69205184	93106880
47	ΔS <sub>сес</sub>			грн/рік	152424	152424	152424	152424	152424	152424
48	ΔS <sub>д</sub>			грн/рік	75000	75000	75000	75000	75000	75000
49	ΔS <sub>р</sub>			грн/рік	15000	15000	15000	15000	15000	15000
50	ΔS <sub>т</sub>			грн/рік	27000	27000	27000	27000	27000	27000
51	ΔS			грн/рік	-26671024	9181519,9	27107792	45034064	68935760	92837456
52	C <sub>в</sub>			грн/ГДж	1178,53922	1000,5978	911,6271	822,6564	704,0287	585,4011
53	Термін окупності			років	-0,0374939	0,1089144	0,03689	0,022205	0,014506	0,010772

Рисунок 2.5 - Вихідні дані при зміні ціни на гранули.

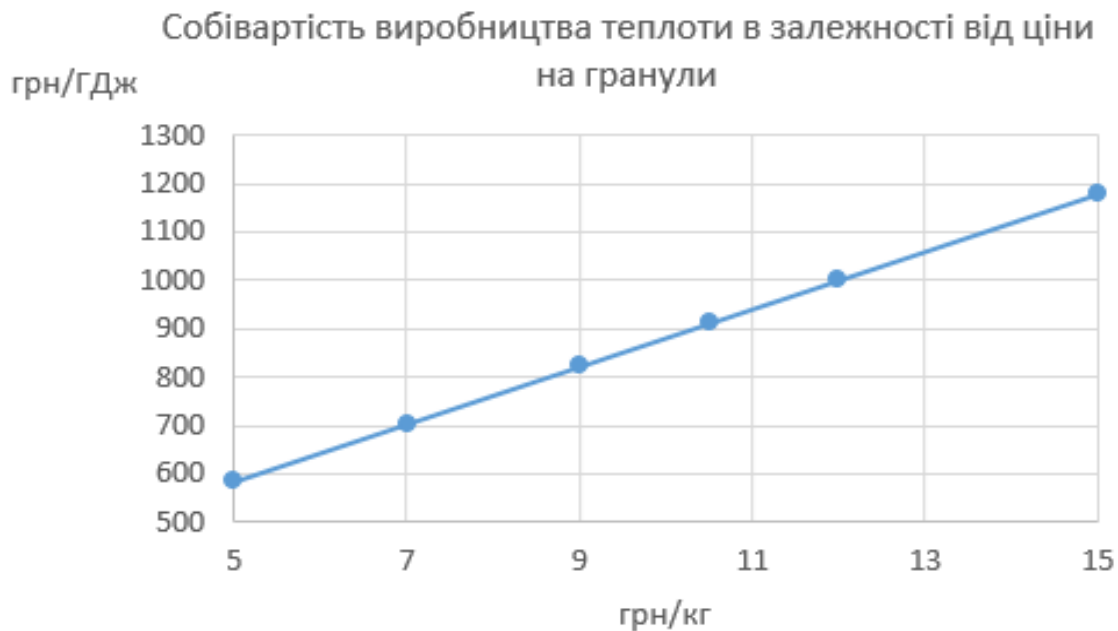


Рисунок 2.6 - Собівартість виробництва теплоти в залежності від ціни на гранули.

З діаграми видно, що при збільшенні ціни на тверде паливо термін окупності збільшується, як і собівартість виробництва теплоти.

З вище наведених діаграм випливає те, що при збільшенні ціни на газ варіант часткової заміни палива, шляхом встановлення предтопку, що працює на гранулах буде ставати все вигіднішим.

При співвідношенні цін на природний газ та гранулу менше 2,6 переведення газової котельні на гранулу економічно недоцільне.

### 3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Результати теплового розрахунку парогенератора CONDOR HD 01-12 на твердому паливі.

Розрахунки проведені за методикою та рівняннями Нормативного Методу теплового розрахунку котлоагрегатів [6].

В якості палива обрано гранули з деревини. Елементарний склад палива наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад палива

W <sup>p</sup> , %	A <sup>p</sup> , %	S <sup>p</sup> , %	C <sup>p</sup> , %	H <sup>p</sup> , %	N <sup>p</sup> , %	O <sup>p</sup> , %	Сумма, %
9,5	1,81	0,0	45,23	5,41	0,53	37,52	100

Виконано перевірений тепловий розрахунок парогенератора CONDOR HD 01-12 на твердому паливі, паровидатністю 12 т/год.

Паливо – гранули з дерева  $Q_n^p = 16,155$  МДж/кг.

Тиск насиченої пари 10 бар, температура живильної води 90 °С, коефіцієнт надлишку повітря 1,2.

Активний об'єм топкової камери згідно комплексу креслень складає 10,0 м<sup>3</sup>. Конструктивні характеристики топки: сумарна площа стін і поворотної камери 28,3 м<sup>2</sup>, площа, яка зайнята променесприймальною поверхнею 26,56 м<sup>2</sup>.

Діаметр труб у 2 конвективному пучку склав 0,076 м, середню довжину труб 5,17 м та їх кількість в 113 одиниць. Повна площі поверхні нагріву склала 139,4 м<sup>2</sup>, температура газів за ступенем 500°С, середня швидкість газів дорівнює 27,4 м/с та теплосприймання пучка за рівнянням теплопередачі

склало  $7313 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Діаметр труб у 3 конвективному пучку також 0,076м, середня довжина труб склала 6м, кількість труб 85 одиниць, температура газів за ступенем 250°С, середня швидкість газів дорівнює 24,12м/с, теплосприймання пучка за рівнянням теплопередачі  $2149 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Розрахунковий ККД котла склав 86,4%, а витрата палива становить 0,57 кг/с або 2,052 т/год.

В результаті розрахунку топки визначено, що адіабатна температура в топці складає 1680°С, а температура газів на виході з топки 1255°С.

При виконанні перевірного теплового розрахунку конвективних пучків котла виявлено, що температура газів на виході з другого ходу склала 500°С, а на виході з третього 250 °С. Отримані розбіжності по теплосприйняттю пучків не перевищують допустимої.

### 3.2 Розробка теплової схеми котельні

Потужність промислових споживачів змінюється від сезону до сезону. Перший сезон (повне навантаження) триває від місяця липень – листопад. Протягом першого сезону споживання пари споживачами становить: соковий цех – 6 т/год; цех фруктових наповнювачів – 1,88 т/год; цех пюре та цех асептики по 1,12 т/год; гаряче водопостачання – 0,16 т/год; власні потреби котельні – 0,24 т/год.

Другий сезон (часткове навантаження) починається з місяця: грудень – червень. Споживання пари в цей період споживачами становить: соковий цех – 4,62 т/год; цех фруктових наповнювачів – 1,45 т/год; цех пюре та цех асептики по 0,869 т/год; гаряче водопостачання – 0,115 т/год; власні потреби котельні – 0,173 т/год.

Робочим паливом виступає природний газ з теплою згорання  $Q^p_n = 34,03 \text{ МДж/м}^3$ .

Визначаємо витрати теплоносіїв та потужності елементів теплової схеми за рекомендаціями [11 – 13].

### 3.2.1 Режим часткового навантаження

Згідно початкових даних витрати пари складають:

– на технологічні потреби, опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та власні потреби котельні

$$D_{\text{техн}} = 4,62 + 1,45 + 2 \cdot 0,869 + 0,115 + 0,173 = 8,086 \text{ т/год} = 2,246 \text{ кг/с.}$$

Показники повернення конденсату:

– витрата  $G_k = 7,44 \text{ т/год} = 2,066 \text{ кг/с}$ , або частка повернення  $\alpha_k = 0,92$  ;

– температура  $t_k = 98^\circ\text{C}$ .

Температура живильної води з деаератора  $t_{\text{жв}} = 104^\circ\text{C}$ , а після охолодника  $t_{\text{жв2}} = 98^\circ\text{C}$ .

Температура сирії води  $t_{\text{дв}} = 5^\circ\text{C}$ .

Частка продувки  $p = 3\%$ .

Тиск в розширнику безперервної продувки 1,2 бар.

Температура зливу з охолодника продувальної води  $t_{\text{зл}} = 40^\circ\text{C}$ .

За допомогою таблиць властивостей води і водяної пари визначаємо ентальпії потоків пари, конденсату і води, кДж/кг [14].

$$h_0 = h_{\text{сп}} = 2774, h'_k = 405,3, h'_{\text{жв}} = 436, h'_{\text{дв}} = 21, h'_{\text{кв}} = 743, h'_{\text{рбп}} = 439,4,$$

$$h''_{\text{рбп}} = 2683, h'_{\text{сум2}} = 398, h'_{\text{зл}} = 168, h'_{\text{жв2}} = 410.$$

Витрати теплоти для технологічного споживача, потужність систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та на власні потреби котельні

$$Q_{\text{техн}} = D_{\text{техн}} \cdot ((h_0 - h_k) + (1 - \alpha_{\text{ксп}}) \cdot (h_k - h_{\text{дв}})), \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{техн}} = 2,246 \cdot ((2774 - 405,3) + (1 - 0,92) \cdot (405,3 - 21)) = 5389 \text{ (кВт)}.$$

Тоді паровидатність котельні

$$D_0 = D_{\text{техн}} + D_{\text{д}}, \quad (3.2)$$

$$D_0 = 2,246 + D_{\text{д}} \text{ (кг/с)}.$$

Тоді витрата живильної води

$$G_{\text{жв}} = D_0 + p \cdot D_0, \quad (3.3)$$

$$G_{\text{жв}} = 2,246 + D_{\text{д}} + (2,246 + D_{\text{д}}) \cdot 0,03 = 2,313 + 1,03 D_{\text{д}} \text{ (кг/с)}.$$

Витрата насиченої пари вторинного скипання з РБП

$$D_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{рбп}}) / (h''_{\text{рбп}} - h'_{\text{рбп}}), \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} D_{\text{рбп}} &= 0,03 \cdot (2,246 + D_{\text{д}}) \cdot (743 - 439,4) / (2683 - 439,4) = \\ &= 0,0091 + 0,00406 D_{\text{д}} \text{ (кг/с)}. \end{aligned}$$

Витрата насиченої води з РБП

$$G_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 - D_{\text{рбп}}, \quad (3.5)$$



$$G_{рбп} = 0,03 \cdot (2,246 + D_d) - 0,0091 + 0,00406 \cdot D_d = 0,0583 + 0,0259 \cdot D_d \quad (\text{кг/с}).$$

Матеріальний баланс деаератора

$$G_{жв} = G_{дв} + G_k + D_d + D_{рбп}, \quad (3.6)$$

після підстановки  $G_{дв} = (2,313 + 1,03 D_d) - 2,066 - D_d - (0,0091 + 0,00406 D_d)$ ,

$$\text{або } G_{дв} = 0,238 + 0,0259 \cdot D_d.$$

Тепловий баланс водоводяного охолодника продувальної води

$$G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}) = G_{дв} \cdot (h'_{дв2} - h'_{дв}), \quad (3.7)$$

де  $h'_{дв2}$  – ентальпія додаткової води після нагріву в охолоднику продувальної води, кДж/кг, яка визначається

$$h'_{дв2} = h'_{дв} + G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}) / G_{дв}, \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} h'_{дв2} &= 21 + (0,0583 + 0,0259 \cdot D_d) \cdot (439,4 - 168) / G_{дв} = \\ &= 21 + (15,82 + 7,03 D_d) / G_{дв} \quad (\text{кДж/кг}). \end{aligned}$$

Тепловий баланс охолодника живильної води

$$G_{дв} \cdot (h'_{дв3} - h'_{дв2}) = G_{жв} \cdot (h'_{жв} - h'_{жв2}). \quad (3.9)$$

Після підстановки визначаємо ентальпію додаткової води після охолодника живильної води

$$h'_{дв3} = h'_{дв2} + G_{жв} \cdot (h'_{жв} - h'_{жв2}) / G_{дв}, \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} h'_{дв3} &= (21 + (15,82 + 7,03 D_d) / G_{дв}) + (2,313 + 1,03 D_d) \cdot (436 - 410) / G_{дв} = \\ &= 21 + (76 + 33,81 \cdot D_d) / G_{дв} \quad (\text{кДж/кг}). \end{aligned}$$

Підставимо отримані вирази в тепловий баланс деаератора

$$G_{жв} \cdot h'_{жв} = G_{дв} \cdot h'_{дв3} + G_k \cdot h'_k + D_d \cdot h_0 + D_{рбп} \cdot h''_{рбп}, \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} (2,313 + 1,03 D_d) \cdot 436 &= G_{дв} \cdot (21 + (76 + 33,81 D_d) / G_{дв}) + 2,066 \cdot 405,3 + \\ &+ D_d \cdot 2774 + (0,0091 + 0,00406 D_d) \cdot 2683, \\ 1008,5 + 449 D_d &= 21 \cdot (0,238 + 0,0259 \cdot D_d) + 76 + 33,81 D_d + 837,35 + \\ &+ D_d \cdot 2774 + 24,42 + 10,89 D_d \end{aligned}$$

звідси  $D_d \cdot 2370,24 = 65,73$ , тоді  $D_d = 0,028$  (кг/с).

$$\text{За (3.2)} \quad D_0 = 2,246 + D_d = 2,246 + 0,028 = 2,274 \text{ (кг/с)}.$$

$$\text{За (3.3)} \quad G_{жв} = 2,313 + 1,03 \cdot 0,028 = 2,342 \text{ (кг/с)}.$$

$$\text{За (3.4)} \quad D_{рбп} = 0,0091 + 0,00406 \cdot 0,028 = 0,0092 \text{ (кг/с)}.$$

$$\text{За (3.5)} \quad G_{рбп} = 0,0583 + 0,0259 \cdot 0,028 = 0,059 \text{ (кг/с)}.$$

$$\text{За (3.6)} \quad G_{дв} = 0,238 + 0,0259 \cdot 0,028 = 0,239 \text{ (кг/с)}.$$

$$\text{За (3.8)} \quad h'_{дв2} = 21 + (15,82 + 7,03 \cdot 0,028) / 0,239 = 88,02 \text{ (кДж/кг)}.$$

$$\text{За (3.10)} \quad h'_{дв3} = 21 + (76 + 33,81 \cdot 0,028) / 0,239 = 343 \text{ (кДж/кг)}.$$

Потужність охолодника продувальної води

$$Q_{опв} = G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}), \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{опв}} = 0,0592 \cdot (439,4 - 168) = 16,01 \text{ (кВт)}.$$

Потужність охолодника живильної води

$$Q_{\text{ожв}} = G_{\text{жв}} \cdot (h'_{\text{жв}} - h'_{\text{жв2}}), \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{ожв}} = 2,342 \cdot (436 - 410) = 60,9 \text{ (кВт)}.$$

Потужність парогенераторів

$$Q_{\text{пг}} = D_0 \cdot (h_0 - h'_{\text{жв}}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{жв}}), \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{пг}} = 2,274 \cdot (2774 - 410) + 2,274 \cdot 0,03 \cdot (743 - 410) = 5398,45 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$V_p = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (3.15)$$

де  $Q_H^p$  - теплота згорання палива, для природного газу  $Q_H^p = 34,03 \text{ МДж/м}^3$ ;

$\eta_k$  - ККД котла, який дорівнює 91%.

$$V_{p(\text{газ})} = \frac{5398,45}{34030 \cdot 0,91} = 0,174 (\text{м}^3 / \text{с}) = 627,6 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Якщо працює на твердопаливному то  $Q_H^p = 16524,57$  і  $\eta_k = 86,4\%$   
(резервний)

$$B_{p(тв)} = \frac{5398,45}{16524,57 \cdot 0,864} = 0,38(\text{кг/с}) = 1361,22(\text{кг/год}).$$

Витрата умовного палива [13]

$$B_y = \frac{Q_{пг}}{Q_{пч}^p \cdot \eta_k}, \quad (3.16)$$

$$B_y = \frac{5398,45}{29300 \cdot 0,91} = 0,2025(\text{кг/с}) = 728,9(\text{кг/год}).$$

ККД котельні

$$\eta_k = \frac{\Sigma Q_{\text{споживачів}}}{Q_{пч}^p \cdot B_y}, \quad (3.17)$$

$$\eta_k = \frac{5398,45}{29300 \cdot 0,2025} = 0,91.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{пг}}, \quad (3.18)$$

$$b_y = \frac{0,2025}{5398,45} = 37,51(\text{кг/ГДж}).$$

3.2.2 Режим максимального навантаження.

Згідно початкових даних витрати пари складають:

– на технологічні потреби, опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та власні потреби котельні  $D_{\text{техн}} = 6 + 1,88 + 2 \cdot 1,15 + 0,16 + 0,24 = 10,55 \text{ т/год} = 2,93 \text{ кг/с}$ ;

Показники повернення конденсату:

– витрата  $G_k = 9,71 \text{ т/год} = 2,7 \text{ кг/с}$  або частка повернення  $\alpha_k = 0,92$ ;

– температура  $t_k = 98^\circ\text{C}$ .

Температура живильної води після деаератора  $t_{\text{жв}} = 104^\circ\text{C}$ , а після охолодника живильної води  $t_{\text{жв2}} = 98^\circ\text{C}$ .

Температура сирії води  $t_{\text{дв}} = 7^\circ\text{C}$ .

Частка продувки  $p = 3\%$ .

Тиск в розширнику безперервної продувки 1,2 бар.

Температура зливу з охолодника продувальної води  $t_{\text{зл}} = 40^\circ\text{C}$ .

Ентальпії пари, конденсату та води залишаються такі ж, як в режимі часткового навантаження, крім ентальпії сирії води, яка складає  $h'_{\text{дв}} = 29 \text{ кДж/кг}$ .

Витрати теплоти для технологічного споживача за (3.1)

$$Q_{\text{техн}} = 2,939 \cdot [(2774 - 405,3) + (1 - 0,92) \cdot (405,3 - 29)] = 7050 \text{ (кВт)}.$$

Тоді паровидатність котельні за (3.2)

$$D_0 = 2,939 + D_d .$$

Тоді витрата живильної води за (3.3)

$$G_{\text{жв}} = 2,939 + D_d + (2,939 + D_d) \cdot 0,03 = 3,03 + 1,03 \cdot D_d \text{ (кг/с)} .$$

Витрата насиченої пари вторинного скипання з РБП за (3.4)

$$D_{\text{рбп}} = 0,03 \cdot (2,939 + D_{\text{д}}) \cdot (743 - 439,4) / (2683 - 439,4) = \\ = 0,0112 + 0,00406 \cdot D_{\text{д}} \text{ (кг/с)} .$$

Витрата насиченої води з РБП за (3.5)

$$G_{\text{рбп}} = 0,03 \cdot (2,939 + D_{\text{д}}) - (0,0112 + 0,00406 \cdot D_{\text{д}}) = 0,076 + 0,0259 \cdot D_{\text{д}} \\ \text{(кг/с)} .$$

Витрата додаткової води з матеріального балансу деаератора за (3.6)

$$G_{\text{дв}} = (3,03 + 1,03 \cdot D_{\text{д}}) - 2,7 - D_{\text{д}} - (0,0112 + 0,00406 \cdot D_{\text{д}}) ,$$

$$\text{або } G_{\text{дв}} = 0,319 + 0,0259 \cdot D_{\text{д}} .$$

Ентальпія додаткової води після охолодника продувальної води за (3.8)

$$h'_{\text{дв2}} = 21 + (0,076 + 0,0259 \cdot D_{\text{д}}) \cdot (439,4 - 168) / G_{\text{дв}} = \\ = 21 + (20,63 + 7,03 \cdot D_{\text{д}}) / G_{\text{дв}} \text{ (кДж/кг)} .$$

Ентальпія додаткової води після охолодника живильної води за (3.10)

$$h'_{\text{дв3}} = 21 + (20,63 + 7,03 \cdot D_{\text{д}}) / G_{\text{дв}} + (3,03 + 1,03 D_{\text{д}}) \cdot (436 - 410) / G_{\text{дв}} = \\ = 21 + (99,41 + 33,81 \cdot D_{\text{д}}) / G_{\text{дв}} \text{ (кДж/кг)} .$$

Витрата пари на деаератор з теплового балансу деаератора за (3.11)

$$(3,03 + 1,03 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 436 = G_{\text{дв}} \cdot (21 + (99,41 + 33,8 \cdot D_{\text{д}}) / G_{\text{дв}}) + 2,7 \cdot 405,3 \\ + D_{\text{д}} \cdot 2774 + (0,0112 + 0,00406 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 2683 ,$$

$$1321,1 + 449 \cdot D_d = 21 \cdot (0,319 + 0,0259 \cdot D_d) + 99,41 + 33,8 \cdot D_d + 1094,31 \\ + D_d \cdot 2774 + 30,05 + 10,9 \cdot D_d,$$

звідси  $D_d \cdot 2370,24 = 90,631$ , тоді  $D_d = 0,0382$  (кг/с).

За (3.2)  $D_0 = 2,939 + D_d = 2,939 + 0,0382 = 2,98$  (кг/с).

За (3.3)  $G_{жв} = 3,03 + 1,03 \cdot 0,0382 = 3,07$  (кг/с).

За (3.4)  $D_{рбп} = 0,0112 + 0,00406 \cdot 0,0382 = 0,0114$  (кг/с).

За (3.5)  $G_{рбп} = 0,076 + 0,0259 \cdot 0,0382 = 0,077$  (кг/с).

За (3.6)  $G_{дв} = 0,319 + 0,0259 \cdot 0,0382 = 0,32$  (кг/с).

За (3.8)  $h'_{дв2} = 21 + (20,63 + 7,03 \cdot 0,0382) / 0,32 = 86,31$  (кг/с).

За (3.10)  $h'_{дв3} = 21 + (99,41 + 33,8 \cdot 0,0382) / 0,32 = 335,7$  (кг/с).

Потужність охолодника продувальної води за (3.12)

$$Q_{опв} = 0,077 \cdot (439,4 - 168) = 20,9 \text{ (кВт)}.$$

Потужність охолодника живильної води за (3.13)

$$Q_{ожв} = 3,07 \cdot (436 - 410) = 79,82 \text{ (кВт)}.$$

Потужність парогенераторів за (3.14)

$$Q_{пг} = 2,98 \cdot (2774 - 410) + 2,98 \cdot 0,03 \cdot (743 - 410) = 7074,5 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива за (3.15)

$$B_{p(газ)} = \frac{7074,5}{34030 \cdot 0,91} = 0,2285 \text{ (м}^3 \text{ / с)} = 822,42 \text{ (м}^3 \text{ / год)}.$$

$$B_{p^{(тв)}} = \frac{7074,5}{16524,57 \cdot 0,864} = 0,496(\text{м}^3/\text{с}) = 1783,84(\text{кг}/\text{год}).$$

Витрата умовного палива за (3.16)

$$B_y = \frac{7074,5}{29300 \cdot 0,91} = 0,2653(\text{кг}/\text{с}) = 955,19(\text{кг}/\text{год}).$$

ККД котельні за (3.17)

$$\eta_k = \frac{7074,5}{29300 \cdot 0,2653} = 0,91.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти за (3.18)

$$b_y = \frac{0,2653}{7074,5} = 37,5(\text{кг}/\text{ГДж}).$$

### 3.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання

Перевірку котлоагрегатів, насосів, тягодуттєвого обладнання та іншого устаткування виконують за результатами розрахунку теплової схеми котельні.

#### 3.3.1 Перевірка котлоагрегатів

Для режиму максимального навантаження витрата пари в котельні становить  $D_0 = 2,98$  кг/с або 10,73 т/год пари. У режимі часткового навантаження витрата пари в котельні становить 2,28 кг/с або 8,21 т/год.



На котельні встановлено 2 котли «CONDOR HD 01-12», марки паровидатністю 12 т/год кожен [3]. Отже, встановленого обладнання достатньо для забезпечення потреб підприємства. У різних режимах працюють один або два котли.

### 3.3.2 Перевірка тягодуттєвого обладнання

Котли «CONDOR HD 01-12», марки STANDARDKESSEL комплектуються вентиляторними газовими пальниками G70/2-B ZM-LN.

Розрахункова подача вентиляторів пальників визначається за формулою

$$Q_v = k_3 \cdot 3,6 \cdot B^{оп} \cdot V^o \cdot \alpha_T (t_{хп} + 273) / 273, \quad (3.19)$$

де  $k_3$  – коефіцієнт запасу;

$V^o$  – теоретична витрата окислювача, для природного газу  $V^o = 9,5 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ , для твердого  $V^o = 4,22 \text{ м}^3 / \text{кг}$ ,  $\alpha_T = 1,2$ ;

$B_p$  – витрата палива на котел, яка складає

$$B_{p(газ)} = \frac{12/3,6 \cdot (2774 - 410) + 0,03 \cdot 12/3,6 \cdot (743 - 410)}{34030 \cdot 0,91} = 0,255 (\text{м}^3 / \text{с}).$$

$$B_{p(тв)} = \frac{12/3,6 \cdot (2774 - 410) + 0,03 \cdot 12/3,6 \cdot (743 - 410)}{16524,57 \cdot 0,864} = 0,554 (\text{кг} / \text{с}).$$

Тоді розрахункова продуктивність кожного вентилятора

$$Q_{v(газ)} = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,255 \cdot 9,5 \cdot 1,1 \cdot (20 + 273) / 273 = 11,33 \text{ (тис. м}^3 / \text{год)}.$$

$$Q_{v(тв)} = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,554 \cdot 4,22 \cdot 1,2 \cdot (20 + 273) / 273 = 11,92 \text{ (тис. м}^3 / \text{год)}.$$

Орієнтовна потужність двигуна вентилятора

$$N_B = 0,277 \cdot Q_B \cdot H_B / (\eta_B \cdot \eta_{ем}), \quad (3.20)$$

де  $H_B$  – напір вентилятора, приймаємо  $H_B = 2$  кПа;

$\eta_B$  – ККД вентилятора, приймаємо  $\eta_B = 0,7$ ;

$\eta_{ем}$  – електромеханічний ККД, приймаємо  $\eta_{ем} = 0,9$ ;

$$N_{B(газ)} = 0,277 \cdot 11,33 \cdot 2 / (0,7 \cdot 0,9) = 9,963 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{B(тв)} = 0,277 \cdot 11,92 \cdot 2 / (0,7 \cdot 0,9) = 10,49 \text{ (кВт)}.$$

### 3.3.3 Перевірка насосів

В тепловій схемі котельні встановлені живильні насоси та насоси суміші конденсату та хімоочищеної води.

Для роботи парових котлів встановлюють живильні насоси для забезпечення циркуляції теплоносія через котли. Його подача визначається за максимальною масовою витратою живильної води через котли. Для підвищення надійності роботи та згідно з Правилами Держтехнагляду встановлюється резервування живильного насосного обладнання.

Подача живильних насосів

$$V_{жн} = \frac{1,1 \cdot G_{жв} \cdot 3600}{\rho_{жв}}, \quad (3.21)$$

де  $G_{жв}$  – масова витрата живильної води через котли, кг/с;

$\rho_{\text{жв}}$  – густина живильної води на вході в котли, яка дорівнює  $978 \text{ кг/м}^3$  при температурі  $98^\circ\text{C}$ .

$$V_{\text{жн}} = \frac{1,1 \cdot 3,07 \cdot 3600}{978} = 12,43 (\text{м}^3 / \text{год})$$

На котельні встановлено 4 насоси Grundfoss CR 15-12 подачею  $15 \text{ м}^3 / \text{год}$ , напором  $150 \text{ м в. ст.}$ , потужністю електродвигуна  $105 \text{ кВт}$  [15]. Отже, встановлених насосів достатньо. В усіх режимах працює по одному робочому насосу на кожен котел та по одному резервному.

Подача насоса суміші конденсату та хімоочищеної води визначається

$$V_{\text{пн}} = 1,1 \cdot (2,7 + 0,32) \cdot 3600 / 980 = 13,1 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

На котельні встановлено два підживлювальні насоси Grundfoss CR 15-2 подачею  $18 \text{ м}^3 / \text{год}$ , напором  $21 \text{ м в.ст.}$  і потужністю електродвигуна  $1,8 \text{ кВт}$ . Один робочий, один резервний.

Розрахункову електричну потужність власних потреб котельні для всіх режимів знаходимо як суму активних потужностей працюючого обладнання, а саме насосів, тягодуттєвого обладнання та освітлення

$$N_{\text{вп}} = N_{\text{в}} + N_{\text{жн}} + N_{\text{пн}} + N_{\text{осв}} + N_{\text{подав}}, \quad (3.22)$$

$$N_{\text{вп(газ)}}^{\text{max}} = 2 \cdot 9,963 + 2 \cdot 10,5 + 1 \cdot 1,8 + 1 = 43,726 (\text{кВт});$$

$$N_{\text{вп(газ)}}^{\text{min}} = 1 \cdot 9,963 + 1 \cdot 10,5 + 1 \cdot 1,8 + 1 = 23,263 (\text{кВт});$$

$$N_{\text{вп(тв)}}^{\text{max}} = 2 \cdot 10,49 + 2 \cdot 10,5 + 1 \cdot 1,8 + 1 + 1 = 45,78 (\text{кВт});$$

$$N_{\text{вп(тв)}}^{\text{min}} = 1 \cdot 10,49 + 1 \cdot 10,5 + 1 \cdot 1,8 + 1 + 1 = 24,79 (\text{кВт}).$$

В котельні встановлено 2 котли «STANDARDKESEL», типу CONDOR з економайзером паровидатністю  $12 \text{ т/год}$  кожний.

Розраховано витрати пари, конденсатів та води, визначена потужність парогенераторів, яка в максимальному режимі склала 7,075 МВт. Витрата природного газу в режимі максимального навантаження складає 822,42 м<sup>3</sup>/год, а витрата твердого палива в даному режимі складає 1783,84 кг/год. В режимі часткового навантаження витрата природного газу складає 627,6 м<sup>3</sup>/год, а твердого палива 1361,22 кг/год.

Перевірено основне та допоміжне обладнання, а саме парогенератори, насоси, тягодуттєве обладнання та діаметри основних трубопроводів. Виявлено, що все встановлене обладнання відповідає розрахунковим показникам.

### 3.4 Розробка пластинчастого водоводяного теплообмінника

#### 3.4.1 Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінника

Вихідні дані для розрахунку.

Теплообмінник – пластинчастий.

Грійне та нагріване середовище – вода.

Потужність теплообмінника  $Q_T = 80$  кВт.

Температура нагрівної води на вході в теплообмінник  $t'_2 = 5$  °С.

Температура грійної води на вході  $t'_1 = 104$  °С.

Витрата живильної води 2,6 кг/с.

Витрата сирої води 0,266 кг/с.

Геометричні розміри пластин і типи каналів:

- площа теплообміну одної пластини  $f_1 = 0,025$  м<sup>2</sup>;
- ширина пластини 0,145 м;
- довжина пластини 0,35 м;

- товщина міжпластинного каналу  $e = 0,0021$  м;
- площа поперечного перерізу одного каналу  $f_{\text{каналу}} = 0,29 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>.

Температура грійної води на виході, задаємося теплоємністю 4,19

$$t_1'' = t' - Q_T / (C_{p1} \cdot G_1), \quad (3.23)$$

$$t_1'' = 104 - 80 / (4,19 \cdot 2,6) = 96,65^\circ \text{C}.$$

Температура нагрійної води на виході

$$t_2'' = Q_T - t_2' / (C_{p2} \cdot G_2), \quad (3.24)$$

$$t_2'' = 80 - 5 / (4,19 \cdot 0,266) = 76,8^\circ \text{C}.$$

Середня температура нагрівної води

$$t_2 = \frac{t_2' + t_2''}{2}, \quad (3.25)$$

де,  $t_2'$   $t_2''$  – температура води на вході та виході з підігрівника відповідно °С.

$$t_2 = \frac{5 + 76,8}{2} = 40,9^\circ \text{C}.$$

Теплофізичні характеристики води для середньої температури в теплообміннику [18].

Густина води,  $\rho_2 = 921,79$  (кг/м<sup>3</sup>).

Коефіцієнт теплопровідності,  $\lambda_2 = 0,64$  (Вт / м · К).

Критерій Прандтля для води,  $Pr_2 = 4,233$ .

Коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $\nu_2 = 0,649 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup>/с).

Теплоємність води  $C_{p2} = 4,174$  (кДж / кг · К).

Середня температура грійної води

$$t_1 = \frac{t'_1 + t''_1}{2}, \quad (3.26)$$

$$t_1 = \frac{104 + 96,65}{2} = 100,31^\circ \text{C}.$$

Теплофізичні характеристики води для середньої температури води.

Густина води,  $\rho_B = 958,4$  (кг/м<sup>3</sup>).

Коефіцієнт теплопровідності,  $\lambda_B = 0,683$  (Вт / м · К).

Коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $\nu_B = 0,295 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup> / с).

Критерій Прандтля,  $Pr_B = 1,75$ .

Теплоємність води  $C_{pB} = 4,220$  (кДж / кг · К).

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_M = t'_1 - t''_2, \quad (3.27)$$

$$\Delta t_M = 104 - 76,8 = 23,2^\circ \text{C}.$$

Більша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_B = t''_1 - t'_2, \quad (3.28)$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 96,65 - 5 = 91,65^{\circ} \text{C}.$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t_{\text{cp}} = (\Delta t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln \left( \frac{\Delta t_{\text{в}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right), \quad (3.29)$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = (91,65 - 23,2) / \ln \left( \frac{91,65}{23,2} \right) = 49,82^{\circ} \text{C}.$$

Об'ємна витрата грійної води

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (3.30)$$

$$V_1 = \frac{2,6}{958,4} = 27 \cdot 10^{-4} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Об'ємна витрата нагрівної води

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2}, \quad (3.31)$$

$$V_2 = \frac{0,266}{921,79} = 2,89 \cdot 10^{-4} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Швидкість нагрівного теплоносія приймаємо 0,1 м/с.

Еквівалентний діаметр міжпластинного каналу приймається рівним подвоєній товщині зазору між пластинами, тобто  $d_e = 2 \cdot 0,0021 = 0,0042$  (м).

Число Рейнольдса для нагрівної води

$$\text{Re}_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2}, \quad (3.32)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,1 \cdot 0,0042}{0,649 \cdot 10^{-6}} = 647,15 \text{ – режим турбулентний.}$$

Задамося температурою стінки  $t_{\text{ст}} = 60^\circ\text{C}$ . Тоді  $\text{Pr}_{\text{ст}} = 2,98$  [18].

Критерій Нусельта для нагрівної води

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot \text{Re}_2^{0,73} \cdot \text{Pr}_2^{0,43} \cdot (\text{Pr}_2 / \text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25}, \quad (3.33)$$

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot 647,15^{0,73} \cdot 4,233^{0,43} \cdot (4,233 / 2,98)^{0,25} = 30,9.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до нагрівної води

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_e}, \quad (3.34)$$

$$\alpha_2 = \frac{30,9 \cdot 0,64}{0,0042} = 4709 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Приймаємо, що нагрівана вода рухається в двох пакетах каналів, а грійна в одному, тоді швидкість грійної води в каналах пропорційна швидкості нагрівної води з врахуванням об'ємних витрат потоків та кількості пакетів



$$w_1 = w_2 \frac{n_1}{n_2} \frac{V_1}{V_2}, \quad (3.35)$$

$$w_1 = 0,1 \frac{1}{3} \frac{27 \cdot 10^{-4}}{2,89 \cdot 10^{-4}} = 0,31 \text{ (м/с)}.$$

Число Рейнольдса для грійної води

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1}, \quad (3.36)$$

$$Re_1 = \frac{0,31 \cdot 0,0042}{0,295 \cdot 10^{-6}} = 4413 \text{ – режим перехідний.}$$

Задамося температурою стінки  $t_{ст} = 65^\circ\text{C}$ . Тоді  $Pr_{ст} = 2,765$ .

Критерій Нусельта для грійної води

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (3.37)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 4413^{0,73} \cdot 1,75^{0,43} \cdot (1,75 / 2,765)^{0,25} = 70,12.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від грійної води до стінки

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e}, \quad (3.38)$$

$$\alpha_1 = \frac{70,12 \cdot 0,683}{0,0042} = 11043 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.39)$$

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

$\lambda_{ст}$  – теплопровідність сталі,  $\lambda_{ст} = 16$  Вт / (м · К).

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{11043} + \frac{0,0006}{16} + \frac{1}{4709}} = 2497 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t_{cp}, \quad (3.39)$$

$$q = 2497 \cdot 49,82 \cdot 10^{-3} = 124,4 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Розрахункова температура холодної і гарячої сторін пластини

$$t_{ст2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2}, \quad t_{ст1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1}, \quad (3.40)$$

$$t_{ст2} = 40,9 + \frac{124400}{4709} = 67,32 (^{\circ}\text{C}), \quad t_{ст1} = 100,31 - \frac{124400}{11043} = 78,21 ^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки різниця між раніше прийнятими та розрахунковими температурами стінки складає менше  $15^{\circ}\text{C}$ , то уточнювати розрахунки не потрібно.

Необхідна площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}}, \quad (3.41)$$

$$F = \frac{80 \cdot 10^3}{2497 \cdot 49,82} = 0,643 \text{ (м}^2\text{)}.$$

### 3.4.2 Конструктивний розрахунок теплообмінника

Площа поперечного перерізу пакета:

-по стороні ходу “гарячого” теплоносія

$$f_{\text{пакета 1}} = \frac{V_1}{w_1 \cdot n_1}, \quad (3.42)$$

$$f_{\text{пакета 1}} = \frac{27 \cdot 10^{-4}}{0,31} = 8,71 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

-по стороні ходу “холодного” теплоносія

$$f_{\text{пакета 2}} = \frac{V_2}{w_2}, \quad (3.43)$$

$$f_{\text{пакета } 2} = \frac{2,89 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Число паралельних каналів в одному пакеті:

-для “гарячого” теплоносія

$$n_{\text{к1}} = \frac{f_{\text{пакета } 1}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (3.44)$$

$$n_{\text{к1}} = \frac{8,71 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 30(\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{\text{к1}} = 30 \text{ шт.};$$

-для “холодного” теплоносія

$$n_{\text{к2}} = \frac{f_{\text{пакета } 2}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (3.45)$$

$$n_{\text{к2}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 10(\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{\text{к2}} = 10 \text{ шт.};$$

Число пластин в теплообміннику

$$n = n_1 \cdot n_{\text{к1}} + n_2 \cdot n_{\text{к2}}, \quad (3.46)$$

$$n = 1 \cdot 30 + 3 \cdot 10 = 60(\text{шт.}).$$

Площа теплообміну пластин

$$F_{\text{пакета}} = n \cdot f_1, \quad (3.47)$$

$$F_{\text{пакета}} = 60 \cdot 0,025 = 1,5 \text{ (м}^2\text{)}.$$

### 3.4.3 Гідрравлічний розрахунок пластинчастого водонагрівача

Коефіцієнти загального гідрравлічного опору одиниці відносної довжини каналу

$$\xi_1 = \frac{5,8}{\text{Re}_1^{0,25}}, \quad (3.48)$$

$$\xi_1 = \frac{5,8}{4413^{0,25}} = 0,712.$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{\text{Re}_2^{0,25}}, \quad (3.49)$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{647,15^{0,25}} = 1,15.$$

Гідрравлічний опір пакетів пластин

$$\Delta P_1 = \frac{\xi_1 \cdot L_{\text{мп}} \cdot \rho_1 \cdot w_1^2 \cdot n_1}{d_e \cdot 2}, \quad (3.50)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,712 \cdot 0,4 \cdot 958,4 \cdot 0,31^2 \cdot 1}{0,0042 \cdot 2} = 3123 \text{ (Па) або } 3,123 \text{ (кПа)}.$$

$$\Delta P_2 = \frac{\xi_2 \cdot L_{\text{мп}} \cdot \rho_2 \cdot w_2^2 \cdot n_2}{d_e \cdot 2}, \quad (3.51)$$

$$\Delta P_2 = \frac{1,15 \cdot 0,4 \cdot 921,79 \cdot 0,1^2 \cdot 3}{0,0042 \cdot 2} = 1514,4 (\text{Па}) \text{ або } 1,514 (\text{кПа}).$$

Перевіримо швидкість руху теплоносіїв в штуцерах

$$w_{шт1} = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{шт}^2}, \quad (3.52)$$

$$w_{шт1} = \frac{4 \cdot 27 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,05_{шт}^2} = 1,38 (\text{м/с}).$$

$$w_{шт2} = \frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot d_{шт}^2}, \quad (3.53)$$

$$w_{шт2} = \frac{4 \cdot 2,89 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,05_{шт}^2} = 0,147 (\text{м/с}).$$

Оскільки швидкість теплоносіїв в штуцері менша допустимих  $1,95 < 2,5 (\text{м/с})$  та  $0,209 < 2,5 (\text{м/с})$ , то місцевий опір штуцерів враховано при розрахунку  $\xi_1$  і  $\xi_2$ .

Потужність, необхідна для подолання гідравлічних опорів при протіканні “гарячого” та “холодного” теплоносія

$$N_1 = \frac{V_1 \cdot \Delta P_1}{\eta_{насоса}}, \quad (3.54)$$

$$N_1 = \frac{27 \cdot 10^{-4} \cdot 3123}{0,65} = 13 (\text{Вт}).$$

$$N_2 = \frac{V_2 \cdot \Delta P_2}{\eta_{\text{насosa}}}, \quad (3.54)$$

$$N_2 = \frac{2,89 \cdot 10^{-4} \cdot 1514}{0,65} = 0,673(\text{БТ}).$$

#### **4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА**

Для даного об'єкту встановлено пластинчастий водоводяний теплообмінник для підігріву води на гаряче водопостачання потужністю 80 кВт, причому нагрівана вода нагрівається від 5°C до 76,8°C, а грійна вода охолоджується від 104°C до 96,65°C. Кількість пластин 60 шт, TP-1 з площею поверхні 0,025 м<sup>2</sup>. Товщина теплоізоляції теплообмінника визначено, що необхідна товщина шару ізоляції складає 97 мм, при цьому тепловтрати через стінку теплообмінника не перевищують нормативні питомі тепловтрати 30 Вт/м<sup>2</sup>.

Маса даного теплообмінника складає 28 кг.

Габарити теплообмінника: висота Н= 460 мм, ширина В= 130 мм, довжина L= 202 мм.

Для з'єднання пластинчастого теплообмінника з мережею ГВП використаємо сталеві труби за ДСТУ 8943:2019.

Використовуються також запірні арматури такі як: кран кульовий Ду 20, UKSPAR укорочений фланцевий, засувка типу «Баттерфляй» Ду 50 UKSPAR міжфланцева, Засувка типу «Баттерфляй» Ду 125 UKSPAR міжфланцева.

В якості засобів контролю використані термометри біметалеві професійні та манометри RV 100.



#### 4.1 Розрахунок трубопроводів, обв'язки теплообмінника

Для з'єднання пластинчастого теплообмінника з мережею ГВП використаємо сталеві труби.

Оскільки максимальна потужність теплообмінника 80 кВт, та витрата живильної води 2,6 кг/с, а витрата сирової води 0,266 кг/с.

Діаметр трубопроводу води. Приймаємо, що по трубі рухається вода з параметрами  $P = 0,3$  МПа,  $t = 5$  °С,  $\rho = 958,4$  та  $\rho = 921,79$  кг/м<sup>3</sup>

$$d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{XB}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_B}}, \quad (4.1)$$

де  $\omega$  – швидкість теплоносія в трубопроводі, приймаємо  $\omega = 1,4$  та  $1,2$  м/с.

$\rho$  – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м<sup>3</sup>.

$$d_B = \sqrt{4 \cdot 2,6 / (3,14 \cdot 1,4 \cdot 958,4)} = 0,050 \text{ (м)};$$

$$d_B = \sqrt{4 \cdot 0,266 / (3,14 \cdot 1,2 \cdot 921,79)} = 0,0175 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру, приймаємо діаметр труб  $\varnothing 57/50$  мм та 26,8/21,8.

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Трубопроводи з сталевих труб [21], Ø57x3,5 мм.	м	9	4,62	41,58
2	Трубопроводи з сталевих труб [21], Ø26,8x2,5 мм.	м	3,2	1,5	4,8
3	Кран кульовий Ду 20, UKSPAR укорочений фланцевий	шт	2	2,3	4,6
4	Засувка типу «Баттерфляй» Ду 50 UKSPAR міжфланцева	шт.	3	3	9
5	Засувка типу «Баттерфляй» Ду 125 UKSPAR міжфланцева	шт.	1	7	7
6	Теплообмінник пластинчастий $F_{то} = 1,5 \text{ м}^2$	шт.	1	28	28
7	Термометр біміталевий професійний	шт.	4	0,15	0,6
8	Манометр RV 100	шт.	2	0,27	0,54
9	Теплоізоляція трубопроводів K-FLEX 62x057-2 ST, діаметром 57 мм, товщиною 30 мм [22]	м.пог	9	0,246	2,214
10	Теплоізоляція трубопроводів K-FLEX 62x057-2 ST, діаметром 27 мм, товщиною 30 мм [22]	м.пог	3,2	0,161	0,5152
Сума					98,85

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Потреба у допоміжних матеріалах					
Монтаж трубопроводів Ду 20 , Ду 50]					
11	Пароніт	т	0,0048 0,0416	0,01 0,007	0,048 0,29
12	Дріт зварювальний легований, діаметр 2 мм	т	0,0048	0,0023	0,011
13	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,0048 0,0416	1,7 0,8128	1,7 0,8128
14	Електроди, діаметром 4 мм, марка 355	т	0,0416	0,006	0,25
Монтаж теплообмінник					
15	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00051	0,51
16	Пароніт	т	1	0,00022	0,22
17	Вода технічна	м <sup>3</sup>	1	0,26	255,06
18	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,12
19	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,06
20	Азбестовий картон загального призначення [КАОН-1], товщина 2 мм	т	1	0,0027	9,36
21	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,01	0,01
22	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00254	2,54
23	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа(10кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 50 мм	кг	2	2,06	4,12
24	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа(10кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 20 мм	кг	2	0,74	1,48

Встановлення контрольно вимірювальних приладів					
25	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	6	0,00001	0,06
26	Оліфа натуральна	кг	6	0,01	0,06

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
27	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	2	0,00016	0,32
28	Очіс льняний	т	6	0,00001	0,06
29	Пароніт	т	2	0,00004	0,08
Встановлення фланцевої арматури					
30	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 – [14]мм	т	0,2 0,3 0,1	0,0084 0,017 0,11	1,68 5,1 11
31	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,2 0,3 0,1	0,3 0,8 2,3	0,06 0,24 0,23
32	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа(10кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 50 мм	шт	6	2,06	12,36
33	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа(10кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 20 мм	шт	4	0,74	2,96
34	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа(10кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 125 мм	шт	2	5,4	10,8
Ізоляційні роботи					
35	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х (20-50) мм	т	0,9 0,32	0,00198 0,00233	1,782 0,75
36	Пряжки	кг	0,9 0,32	0,09 0,09	0,081 0,03
Сума					324,25

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного та допоміжного обладнання, всіх пристроїв та інструментів.

Загальна маса обладнання і матеріалів для доставки становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{доп.мат}} + \Sigma M_{\text{доп.обл}} = 98,85 + 324,25 + 76,99 = 500,09 \text{ (кг)}.$$

4.2 Визначення складу і об'єму робіт. Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

#### Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Монтаж теплообмінника пластинчастого 1,5 м<sup>2</sup>.
4. Врізування в існуючий трубопровід запірної арматури Ду125.
5. Установка засувок типу «Баттерфляй» Ду 125 UKSPAR міжфланцевих.
6. Врізування в діючу внутрішню мережу Ду 125 трубопроводу Ду50.
7. Прокладання трубопроводів діаметром 57/50 мм.
8. Установка засувок типу «Баттерфляй» Ду 50 UKSPAR міжфланцевих.
9. Врізування в діючу внутрішню мережу Ду 50 трубопроводу Ду 20.
10. Прокладання трубопроводів діаметром 26,8/2,8 мм.
11. Установка кранів кульових фланцевих Ду 20.
12. Встановлення контрольно вимірювальних приладів.
13. Випробування трубопроводів.
14. Монтаж теплоізоляції K-FLEX 62x057-2 ST на трубопровід із зовнішнім діаметром 57 мм, товщиною 30 мм
15. Монтаж теплоізоляції K-FLEX 62x057-2 ST на трубопровід із зовнішнім діаметром 26,8 мм, товщиною 30 мм.
16. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію.
17. Повернення допоміжного обладнання на склад.

## Об'єми робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання - тони. Загальна вага усіх деталей 98,85 кг . Приймаємо об'єм  $V= 0,099$ .
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L= 9+ 3,2= 12,2$  м. Приймаємо  $V=0,122$ .
3. Монтаж теплообмінника пластинчастого  $1,5 \text{ м}^2$ . Одиниці вимірювання - шт. У системі підготовки гарячої води встановлюється 1 теплообмінник. Отже, приймаємо  $V=1$ .
4. Врізування в існуючий трубопровід запірної арматури Ду125. Одиниці вимірювання - 1 арматури, отже об'єм приймаємо  $V=1$ .
5. Установка засувки типу «Баттерфляй» Ду 125 UKSPAR міжфланцевих. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 1 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,1$ .
6. Врізування в діючу внутрішню мережу Ду 125 трубопроводу Ду50. Одиниці вимірювання - 1 врізка, отже об'єм приймаємо  $V=2$ .
7. Прокладання трубопроводів діаметром 57/50 мм. Одиниці вимірювання в тонах. Довжина труб складає 9 м, маса труб 41,58 кг, отже, приймаємо  $V=0,0416$ .
8. Установка засувки типу «Баттерфляй» Ду 50 UKSPAR міжфланцевих. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 3 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,3$ .
9. Врізування в діючу внутрішню мережу Ду 50 трубопроводу Ду 20. Одиниці вимірювання - 1 врізка, отже об'єм приймаємо  $V=2$ .
10. Прокладання трубопроводів діаметром 26,8/2,8 мм. Одиниці вимірювання - тони. Довжина труб складає 3,2 м, маса труб 4,8 кг, отже, приймаємо  $V=0,0048$ .
11. Установка кранів кульових фланцевих Ду 20. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 2 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,2$ .

12. Встановлення контрольно вимірювальних приладів. Одиниці вимірювання - 1 шт. У системі встановлюється 2 манометри RV 100 та 4 Термометра біметалевих професійних. Отже, приймаємо  $V=6$ .
13. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання - 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає  $L= 9+ 3,2= 12,2$  м. Приймаємо  $V=0,122$ .
14. Монтаж теплоізоляції K-FLEX 62x057-2 ST на трубопровід із зовнішнім діаметром 57 мм, товщиною 30 мм. Одиниця виміру - 10 м. Загальна довжина даного трубопроводу – 9 м. Отже, приймаємо  $V=0,9$ .
15. Монтаж теплоізоляції K-FLEX 62x057-2 ST на трубопровід із зовнішнім діаметром 26,8 мм, товщиною 30 мм. Одиниця виміру - 10 м. Загальна довжина даного трубопроводу – 3,2 м. Отже, приймаємо  $V=0,32$ .
16. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L= 9+ 3,2= 12,2$  м. Приймаємо  $V=0,122$ .
17. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання - тони. Загальна вага допоміжного обладнання 324,25 кг . Приймаємо об'єм  $V= 0,325$ .

#### 4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання для монтажу пластинчастого теплообмінника завозяться централізовано автомашиною «Mercedes-Benz E vito 2019». Оскільки загальна вага усіх деталей становить 0,099 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за один раз. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики Mercedes-Benz E vito2019 [23]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Довжина платформи	м	3,14
Вантажопідйомність	кг	1073
Габарити:		
Довжина		5,14
Ширина	м	1,928
Висота		1,945

Для зварювання стиків трубопроводу використовується інверторний напівавтомат Deca JOB 522 LAB (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Перелік обладнання для електродугового зварювання [24]

Величина	Одиниця виміру	Значення
Потужність	кВт	6
Напруга	В / Гц	230 / 50
Зварювальний струм	А	10-200
Діаметр електродів	мм	2-4
Вага	кг	30

Для влаштування кріплень трубопроводів та кронштейнів використовують перфоратор Makita HR2630T з такими технічними характеристиками [25]:

- енергія удару – 2,4 Дж;
- число ударів при номінал. числі обертів – 0-4600 1/хв ;
- потужність – 800 Вт;
- вага – 3 кг.

Випробування трубопроводів на міцність та щільність виконуємо за допомогою пресу електричного MGF 120. Його характеристики: об'єм



резервуара – 4 л; об’єм всмоктування – 4 л/хв; максимальний тиск – 12- бар; маса – 22 кг. [26].

Для піднімання обладнання використовуємо лебідку з електроприводом УАТО УТ-5901 [27]. Її характеристики вказані в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики лебідки УАТО УТ-5901

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кг	125
Швидкість навивки каната	м/с	0,83
Канатоємність	м	11,5
Потужність двигуна	кВт	0,5
Маса	кг	10,8

Для виконання монтажних робіт використовуємо набір інструментів та пристосувань. Їх характеристика наведена в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двох-сторонній М17х19мм, М19х22 мм	6	0,8
Плоскогубці комбіновані	6	1,45
Викрутки	6	0,3
Молоток слюсарний	6	1,6
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	6	2,1
Стрічка вимірювальна, 20 м	6	0,12
Молоток гумовий	6	1,32
Рівень металевий	2	0,2
Висок	2	0,2
Ящик переносний для інструменту	12	3,1
Всього:		11,19

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає:

$$\Sigma M_{\text{інст.}} = 30 + 3 + 22 + 10,8 + 11,19 = 76,99 \text{ (кг)}.$$

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В бакалаврській роботі розглядаються умови на робочому місці при переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю «Агрона Фрут Україна» на спалювання твердого палива. Основним видом палива є природний газ та тверде паливо – гранули. Характеристики гранул повинні відповідати "Норм якості твердого палива (гранули деревинні)". Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" та НПАОП 0.00-1.26-96 "Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів".

На котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, майстерні КВП, кабінет начальника котельні, кабінет старшого майстра, операторна та ін.)

Проектом забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

Комплекс засобів управління забезпечує автоматичний пуск і зупинку котла за алгоритмом, який задається в залежності від температури зовнішнього повітря, автоматичне регулювання температури води за котлом, сигналізацію про роботу комплексу і стан котла, захист котла і переривання подачі палива при виникненні аварійної ситуації за такими параметрами:

- переривання подачі води в котел;
- згасання факела в топці;
- перевищення тиску води;
- зниження тиску води нижче допустимого;
- перевищення температури води на виході з котла;
- зниження витрати води через котел нижче допустимого;

- виявлення несправності запобіжного клапана;
- перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- відхилення тиску повітря ( вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- відключення вентилятора дугтевого повітря;
- перевищення температури димових газів;
- несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;
- зникнення напруги .

## 5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

### 5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконана згідно з вимогами розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Котли встановлюються на відм. 0,00. За кожним котлом встановлюється економайзер типу ECO SPI-4 не відключається по димових газах .

Відстань від фронту котлів до протилежної стіни по осі А становить 6,49 м , відстань від пальника до цієї стіни - 4,44 м.

Для видалення димових газів проектом передбачаються до кожного котла індивідуальні газоходи з підключенням до загальної димової труби. Діаметр газоходів -1100 мм. На виході димових газів з економайзерів встановлюються клапани щільні з регулюючим пристроєм.

Газоходи від економайзерів підключаються до існуючих цегляних газоходів демонтованих котлів ПТВМ -30. На газоходах встановлюються вибухові клапана Ду 800 на ділянках від котла до економайзера і від економайзера до точки приєднання до цегляного. Котли працюють на загальну димову трубу висотою 60 м, діаметром гирла 2,4 м.

Для обслуговування котлів, запобіжних клапанів і арматури на трубопроводах від котлів проектом передбачені металеві площадки на відм. 3,95 м. і на відм. 3,1 м.

### 5.1.2 Електробезпека

В електроустановках котельні передбачена система заземлення електроустановок TN-C-S. Проектовані електромережі виконуються 5- ти і 4- х провідними із захисним РЕ провідником.

Для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках котельні передбачається зрівняння потенціалів, для чого в ТП встановлюється головна заземлювальна шина, яка підключається до зовнішнього захисного заземлення.

До головної заземлювальної шини приєднуються всі захисні РЕ провідники внутрішніх мереж, металеві труби комунікацій, які входять в будівлю, металеві елементи будівлі котельні.

Конструкція, виконання і клас ізоляції застосованого обладнання і матеріалів обрані відповідно до умов навколишнього середовища, пожежної безпеки приміщень та прокладання електромереж.

Види електропроводок і способи прокладки електрокабелів прийняті з урахуванням вимог електро та пожежної безпеки. Оболонки та ізоляція кабелів відповідають способам прокладки і умов навколишнього середовища.

Згідно з вимогами ДНАОП 0.00-1.21-98 електроприміщення комплектуються основними і допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння. Обсяг захисних засобів може збільшуватися залежно від системи організації експлуатації та місцевих умов.

Умови праці при експлуатації та ремонті мереж і електроустановок повинні відповідати вимогам безпеки та захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на їх здоров'я.

Для створення та дотримання безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації та ремонті мереж і споруд електропостачання необхідно керуватися вимогами ДНАОП 0.00-1.21-98 та при виконанні окремих видів робіт, які є не специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих, чинних в Україні нормативних актів про охорону праці.

Технологічні карти або інша технічна документація повинні містити вимоги безпеки, дотримання яких є обов'язковим при організації та виконанні робіт.

Експлуатувати (обслуговувати) електрогосподарство котельні повинен відповідно підготовлений штат електротехнічного персоналу, забезпечений всіма необхідними засобами і обладнанням для виконання ремонтних робіт.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються згідно з [31].

Оптимальні та допустимі норми мікроклімату визначаються залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року наведені в табл. 5.1. Враховуючи робоче місце в котельні роботи відносяться до категорії середньої важкості.

Таблиця 5.1 – Оптимальні та допустимі норми мікроклімату у робочій зоні

Період року	Характеристика робіт, категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптимальна	допустима		Оптимальна	допустима	Оптимальна	допустима
			верхня	нижня				
Холодний	Середня важкість	21-23	24	20	40-60	75	0,1	0,1
Теплий	Середня важкість	22-24	28	21	40-60	60 для 27°C	0,2	0,1-0,3

Заходи щодо нормалізації мікроклімату включають:

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно-витяжна,

розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3-х кратний обмін;

- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів КСВа 1,25;

- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації

природного газу в приміщенні котельні, а саме метану (CH<sub>4</sub>), а також перевищення концентрації чадного газу (CO ) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ " ТЕМІО ".

При досягненні загазованості приміщення 10% від нижньої межі займистості природного газу, а також при перевищенні 200 р.р.т. чадного газу, включається попереджувальна сигналізація. При досягненні загазованості приміщення 20% від нижньої межі займистості природного газу спрацьовує газосигналізатор, який приводить в дію швидкодіючий клапан - відсікач на вводі газопроводу. Також передбачається контроль зниження температури в котельні, пожежний контроль (підвищення температури повітря в котельні вище 70 ° С) і охоронна сигналізація.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

У котельні передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення на напрузі 220 В;
- аварійно - евакуаційне на напрузі 220 В;
- ремонтне освітлення на напрузі 12 В.

Підключення щитів освітлення виконано від ТП кабельними лініями по радіальних схемах.

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

Ремонтне освітлення виконується на напрузі 12 В і живиться від мережі аварійного освітлення через знижувальні трансформатори 220/ 12 В.

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам СНіП II-4-79.

#### 5.2.4 Виробничий шум та вібрації

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельній передбачені наступні засоби:

- для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);
- службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;
- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;
- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.
- вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;
- для зниження рівня звукового тиску в газоході і димовій трубі при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчаті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці із склотканини і перфорованого листа;
- воздуховоди і вентиляційне устаткування приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Рівень звукового тиску від обладнання котельні та викиди шкідливих речовин не перевищують нормативних даних.

Для зниження рівня шуму і для запобігання вібрацій, які можуть передаватися від обладнання (мережеві насоси, насоси циркуляційні) проектом передбачені гнучкі трубопровідні вставки.

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Амплітуду коливань при вібраціях вимірюють з допомогою електричних віброметрів АИН-4. Орієнтовані заміри вібрацій виконують механічними



вібрографами.

Локальна передається через руки, загальна через підошви ніг. Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки - границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_n$ м/с <sup>2</sup>	$L_{a_n}$ Дб	$V_n \cdot 10^2$ м/с	$L_{v_n}$ Дб
Локальна		$X_n, G, 2n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації [32]. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація.

#### 5.2.6 Інфрачервоне випромінювання

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу.

Останній може бути загальним і локальним.

Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати  $35 \text{ Вт/м}^2$  у разі опромінення 50% поверхні тіла і  $70 \text{ Вт/м}^2$  - у разі опромінення від 25 до 50% та  $100 \text{ Вт/м}^2$  - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я тощо) не повинна перевищувати  $140 \text{ Вт/м}^2$ , при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

Для забезпечення допустимих параметрів теплових (інфрачервоних) випромінювань в котельній проектом передбачені наступні засоби і методи захисту:

- в котельній виконується теплова ізоляція технологічного обладнання, що має температуру  $>45 \text{ }^\circ\text{C}$ . ;
- використання засобів захисту обличчя та очей;
- для поповнення водного балансу персонал отримує підсолену газовану
- воду з розрахунку 4-5л на зміну;
- обов'язкове забезпечення персоналу спецодягом.

### 5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Основою пожежної безпеки є пожежна профілактика, що являє собою комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на проведення виникнення і поширення пожеж, забезпечення безпечної евакуації людей і створення умов для успішного гасіння пожежі.

При проведенні монтажних робіт відповідальність за пожежну безпеку об'єкту, своєчасне виконання протипожежних заходів, забезпечення засобами пожежогасіння, організацію пожежної охорони та роботу добровільних

протипожежних формувань несе керівник робіт від ген підрядної будівельної організації.

Відповідальність за пожежну безпеку окремих ділянок, наявність та справне утримання засобів пожежогасіння, своєчасне виконання передбачених проектом протипожежних заходів несуть (призначаються наказом) керівники робіт на цих ділянках.

Відповідальність за пожежну безпеку побутових, допоміжних та підсобних приміщень несуть посадові особи, яким підпорядковані вказані приміщення.

Будівля за вибухо-пожежобезпекою відноситься до категорії Г. За ступенем вогнестійкості об'єкт відноситься до II категорії. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Межі стійкості елементів конструкції

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій год (над рис – кою) , максимальні межі розповсюдження вогню по ним (під рискою) см									
Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходові клітини , балки, марші	Плити , настили та інші несучі конструкції перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несуч.	Внутрішні нес.				Плити , настили і прогоони	Балки , ферми
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E15 M0	EI 115 M0	RI205 M0	R60 M0	REI 45 M0	REI 15 M0	R30 M0

Для забезпечення пожежної безпеки передбачається пожежна сигналізація. Проект пожежної сигналізації розроблений на основі архітектурно-будівельного завдання, згідно діючих норм. В якості

приймальної станції тривожної сигналізації проектом передбачається установка приладу ППС-3.

Проектом передбачені наступні протипожежні заходи:

- для проїзду пожежних машин передбачено проїзди у відповідності з вимогами ДБН 360-92\*;

- всі конструктивні елементи забезпечують необхідну межу вогнетривкості для прийнятого ступеня вогнестійкості.

## ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі виконано розробку документації для технічних рішень для переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива. Проаналізувавши усі наявні варіанти прийнято рішення про встановлення предтопка для спалювання дерев'яних гранул.

В БДР проекті виконано багатоваріантний аналіз шляхів модернізації котельні при цьому розглянуто 7 варіантів, в тому числі зі спалюванням твердопаливного палива, когенераційної установки. Для проведення техніко-економічного обґрунтування обрано три найбільш раціональні варіанти модернізації котельні. В результаті розрахунків орієнтовних техніко-економічних показників обраних варіантів виявлено, що найменший показник собівартості виробництва теплоти має варіант з встановленням предтопка для спалювання дерев'яних гранул для покриття потреб опалення, вентиляції, ГВП та власних потреб котельні, а саме 904,93 (грн/ГДж).

Для проведення числових досліджень розроблена математична модель для розрахунку собівартості виробництва теплоти та термін окупності. Математична модель реалізована в середовищі Microsoft Excel. Математичний опис моделі складається з 11 рівнянь. Вихідними даними є: витрата палива економія палива річна економія на паливі перевитрата на електроенергію додаткові амортизаційні відрахування додаткові витрати на ремонт зміна експлуатаційних витрат собівартість виробництва теплоти. Досліджено вплив цін на паливо і як це впливає на собівартість виробництва теплової енергії та на термін окупності. При зменшенні ціни на природний газ собівартість виробництва теплової енергії росте, як і термін окупності, а при зменшенні ціни на тверде паливо термін окупності зменшується, як і собівартість виробництва теплоти.

Виконано перевірний тепловий розрахунок парогенератора CONDOR HD 01-12 на твердому паливі, паровидатністю 12 т/год. Паливо – гранули з дерева  $Q_n^p = 16,155$  МДж/кг. Тиск насиченої пари 10 бар, температура

живильної води 90 °С, коефіцієнт надлишку повітря 1,2. Розрахунковий ККД котла склав 86,4%, а витрата палива становить 0,57 кг/с або 2,052 т/год. В результаті розрахунку топки визначено, що адіабатна температура в топці складає 1680°С, а температура газів на виході з топки 1255°С.

Проведено розрахунок теплової схеми котельні. Розраховано витрати пари, конденсатів та води, визначена потужність парогенераторів, яка в максимальному режимі склала 7,075 МВт. Витрата природного газу в режимі максимального навантаження складає 822,42 м<sup>3</sup>/год, а витрата твердого палива в даному режимі складає 1783,84 кг/год. В режимі часткового навантаження витрата газу складає 627,6 м<sup>3</sup>/год, а твердого палива 1361,22 кг/год.

Розраховано пластинчастий водоводяний теплообмінник для підігріву води на гаряче водопостачання потужність 80 кВт, нагрівана вода нагрівається від 5°С до 76,8°С, а грійна вода охолоджується від 104°С до 96,65°С. В тепловому розрахунку було визначено необхідно площу поверхні нагріву теплообмінника, яка склала 0,643 м<sup>2</sup>. Для встановлення обрано пластини TP-1 з площею поверхні 0,025 м<sup>2</sup>, розміри пластин: висота 350 мм, ширина 145 мм.

Розроблена технологія монтажу пластинчастого теплообмінника. Було виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання трубопроводів, складені відомості по виконанню робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу пластинчастого теплообмінника, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Випробування трубопроводів на міцність та щільність виконуємо за допомогою пресу електричного MGF 120. Загальна маса всіх вантажів становить  $\Sigma M_{\text{заг}} = 0,501$  (т), маса пластинчастого водо-водяного теплообмінника, що встановлюється на котельні, становить 28 кг.

В роботі розглянуті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, а саме якість повітря в робочій зоні, випромінювання, параметри мікроклімату, електробезпеки, шуму, вібрації, та проаналізовані заходи з пожежної безпеки

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про альтернативні види палива: Закон України від 14.01.2000 №1391-XIV. Відомості Верховної Ради. 2000. №12. С. 94. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення 10.06.2023 р.).
2. Маляренко В.А., Лисак Л.В. “Енергетика довкілля енергозбереження“ Харків «Рубікон», 2004.
3. Технічний паспорт котла «Condor» паровидатністю 12 т/год: веб сайт. URL: [http://teplo.com/goods/pdf/viessmann\\_viessmann-vitomax-200-hs-m235-teh-pass.pdf](http://teplo.com/goods/pdf/viessmann_viessmann-vitomax-200-hs-m235-teh-pass.pdf) (дата звертання 10.06.2023 р.).
4. Шилов Е.Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
5. О. Г. Лялюк Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
6. Чепурний М. М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. “Теплові розрахунки парогенераторів“ Вінниця: ВНТУ, 2005. 142 с.
7. Степанов Д.В. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник . Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.
8. Боднар Л. А. Експериментальні дослідження теплообміну в круглому каналі. 2009. №3. С.79-83
9. Чепурний М. М. , Степанов Д. В. , Корженко Є. С. Теплові розрахунки парогенераторів. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 155 с.
10. Ткаченко, С. Й. , Степанов Д. В. , Боднар Л. А. Котельні установки : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.
11. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. Київ: Вища школа, 1992. 280с.

12. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
13. Чепурний М. М. , Ткаченко С.Й. Розрахунки теплових схем ТЕЦ та їх ефективності при модернізації. Вінниця: ВДТУ, 1997. 61с.
14. Чепурний М. М. , Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
15. Програма підбору насосів Grundfoss: веб сайт. URL: <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?qcid=780146641>. (дата звертання 10.06.2023 р.).
16. Сайт підприємства «Агрона фрукт Україна». URL: <http://www.ua.agrana.com> (дата звертання 10.06.2023 р.).
17. Співак О. Ю. , Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
18. Співак О. Ю. , Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина II : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 101 с.
19. Ткаченко С. Й. , Боднар Л. А. , Резидент Н. В. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки». Вінниця : ВНТУ, 2019. 55 с.
20. Степанова Н.Д. Теплові мережі. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.
21. Тарасюк В.М. Експлуатація котлів. Настільна книга для операторів котельень. Київ: Основа, 2001. 288 с.
22. Універсальна теплоізоляція для всіх галузей застосування. URL: <http://www.k-flex.ua/index.php?idd=product&product=teplmaterial&hl=ru>. (дата звернення: 10.06.2023 р.).
23. Характеристики автомобіля Mercedes-Benz. URL: <https://www.mercedes-benz.co.uk/vans/en/e-vito-panel-van>. (дата звернення: 10.06.2023 р.).



24. Каталог обладнання для електродугового зварювання. URL: <https://www.decaweld.com/en/catalogs/job-522-lab.2.83.140.gp.22119.uw>. (дата звернення: 10.06.2023 р.).
25. Перфоратор Makita HR2630T. URL: <https://makita.market/ru/perforator-makita-hr-2630t>. (дата звернення: 10.06.2023 р.).
26. Прес електричний MGF 120. URL: <https://pipetools.com.ua/ua/p749342639-elektricheskij-opressovschik-mgf.html>. (дата звернення: 10.06.2023 р.).
27. Лебідка з електроприводом YATO YT-5901. URL: <https://yato24.com.ua/lebedka-elektricheskaya-250kg-yato-yt-5901/> (дата звернення: 10.06.2023 р.).
28. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 – Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації. – К.: Мінрегіон України, 2013. 74 с.
29. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=86389](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389). (дата звернення: 10.06.2023 р.).
30. 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](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-1-0-781) (дата звернення: 10.06.2023 р.).
31. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99 - Text> (дата звернення 10.06.2023).
32. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99 - Text> (дата звернення 10.06.2023).
33. Ткачук К. Н. , Гурін А. О. , Бересневич П. В. Охорона праці. К. : 1998. 320 с.

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Додаток А

Назва роботи: Переведення котельні товариства з обмеженою  
відповідальністю «АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота  
(БДР, МКР)

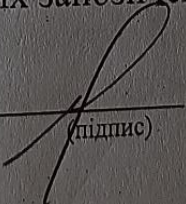
Підрозділ кафедра теплоенергетики, факультет будівництва, цивільної та  
екологічної інженерії  
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

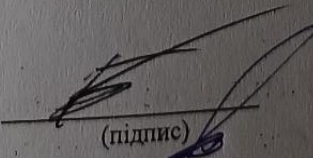
Оригінальність 20 Схожість 30

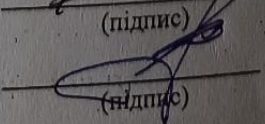
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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


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

Автор роботи  Бондар Д.С.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

ПОГОДЖЕНО



  
Бруєв В  
підпис

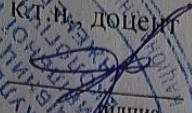
“ ” 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ



В. о. завідувача кафедри ТЕ

Кл. н. доцент

  
Д.В. Степанов  
підпис

“ 25 ” 03 2023 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу на тему:

Переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива

08-15.БДР.002.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

Степанов Д.В.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ -21мс

Бондар Д.С.

Вінниця ВНТУ 2023

## 1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується джерела теплопостачання з використанням поновлюваних енергоресурсів. Робота спрямована на зменшення використання горючих корисних копалин, впровадження відновлюваних джерел енергії, а саме використання паливних гранул для часткового покриття потреб технологічних процесів на підприємстві, опалення та гарячого водопостачання. Енергетичний, економічний та екологічний ефект досягається за рахунок використання енергоефективного, економічного та екологічно чистого котельного обладнання для спалювання паливних гранул з деревини.

## 2 Мета і призначення розробки

Метою даної роботи є зменшення споживання природнього газу на котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут Україна» шляхом встановлення предтопку для спалювання твердого палива.

## 3 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, дані літературних джерел, інтернет джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування паливних гранул з деревини для вироблення теплоти в котельнях.

1. Про альтернативні види палива: Закон України від 14.01.2000 №1391-IV. Відомості Верховної Ради. 2000. №12. С. 94. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення 10.06.2023 р.).

2. Степанов Д.В. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник . Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.

3. Шилов Е.Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник. Київ: КНУБА, 2001. - 127 с.

4. Степанова Н.Д. Теплові мережі. Навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, – 2009. – 135 с.

5. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. - Київ: - Вища школа, 1992. - 280с.

#### 4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 67 від 20.03.2023 р. Основою для розробки стали технічні дані з експлуатації промислової парової котельні ТОВ «Агрона Фрут Україна», технічна документація на основне та допоміжне обладнання, показники роботи котельні в різні періоди року (максимально та часткового навантаження), аналіз та розрахунки теплової схеми, літературні джерела.

#### 5 Технічні вимоги

##### 5.1 Технічні характеристики

###### Часткове навантаження

- витрата пари на технологічні потреби, опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та власні потреби котельні  $D_{\text{техн}} = 2,246$  кг/с;
- витрата конденсату  $G_k = 7,44$  т/год = 2,066 кг/с;
- частка повернення конденсату  $\alpha_k = 0,92$  ;
- температура конденсату  $t_k = 98^\circ\text{C}$ ;
- частка продувки  $p = 3\%$ ;
- тиск в розширнику безперервної продувки 1,2 бар;

- температура живильної води з деаератора  $t_{\text{жв}} = 104^\circ\text{C}$ , а після охолодника  $t_{\text{жв2}} = 98^\circ\text{C}$ ;
- температура зливу з охолодника продувальної води  $t_{\text{зл}} = 40^\circ\text{C}$ .

#### Максимальне навантаження

- витрата пари на технологічні потреби, опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та власні потреби котельні  $D_{\text{техн}} = 2,93 \text{ кг/с}$ ;
- витрата конденсату  $G_{\text{к}} = 9,71 \text{ т/год} = 2,7 \text{ кг/с}$ ;
- частка повернення конденсату  $\alpha_{\text{к}} = 0,92$ ;
- температура конденсату  $t_{\text{к}} = 98^\circ\text{C}$ ;
- температура живильної води після деаератора  $t_{\text{жв}} = 104^\circ\text{C}$ , а після охолодника живильної води  $t_{\text{жв2}} = 98^\circ\text{C}$ ;
- температура сирі води  $t_{\text{дв}} = 7^\circ\text{C}$ ;
- частка продувки  $p = 3\%$ ;
- тиск в розширнику безперервної продувки 1,2 бар;
- температура зливу з охолодника продувальної води  $t_{\text{зл}} = 40^\circ\text{C}$ .

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

5.3 Вимоги з надійності. На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах. Забезпечення котельних установок лініями рециркуляції для виключення утворення низькотемпературної корозії.

## 6 Екологічні показники

Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Розробити техніко-економічне обґрунтування вибору палива для джерела теплопостачання, використовуючи дані про сучасні технології теплопостачання та обладнання, визначити річні витрати палива, собівартість вироблення теплоти.

## 7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання	
1	Багатоваріантний аналіз підвищення ефективності	22.03.2023	29.03.2023
2	Математичне моделювання для обґрунтування доцільності переведення котельні на тверде паливо	30.03.2023	15.04.2023
3	Розробка елементів котельні	16.04.2023	07.05.2023
4	Розробка технології монтажу пластинчастого теплообмінника	08.05.2023	19.05.2023
5	Охорона праці	20.05.2023	30.05.2023
6	Оформлення БДР	31.05.2023	11.06.2023
7	Захист БДР	12.06.2023	19.06.2023

## 8 Порядок контролю і приймання

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

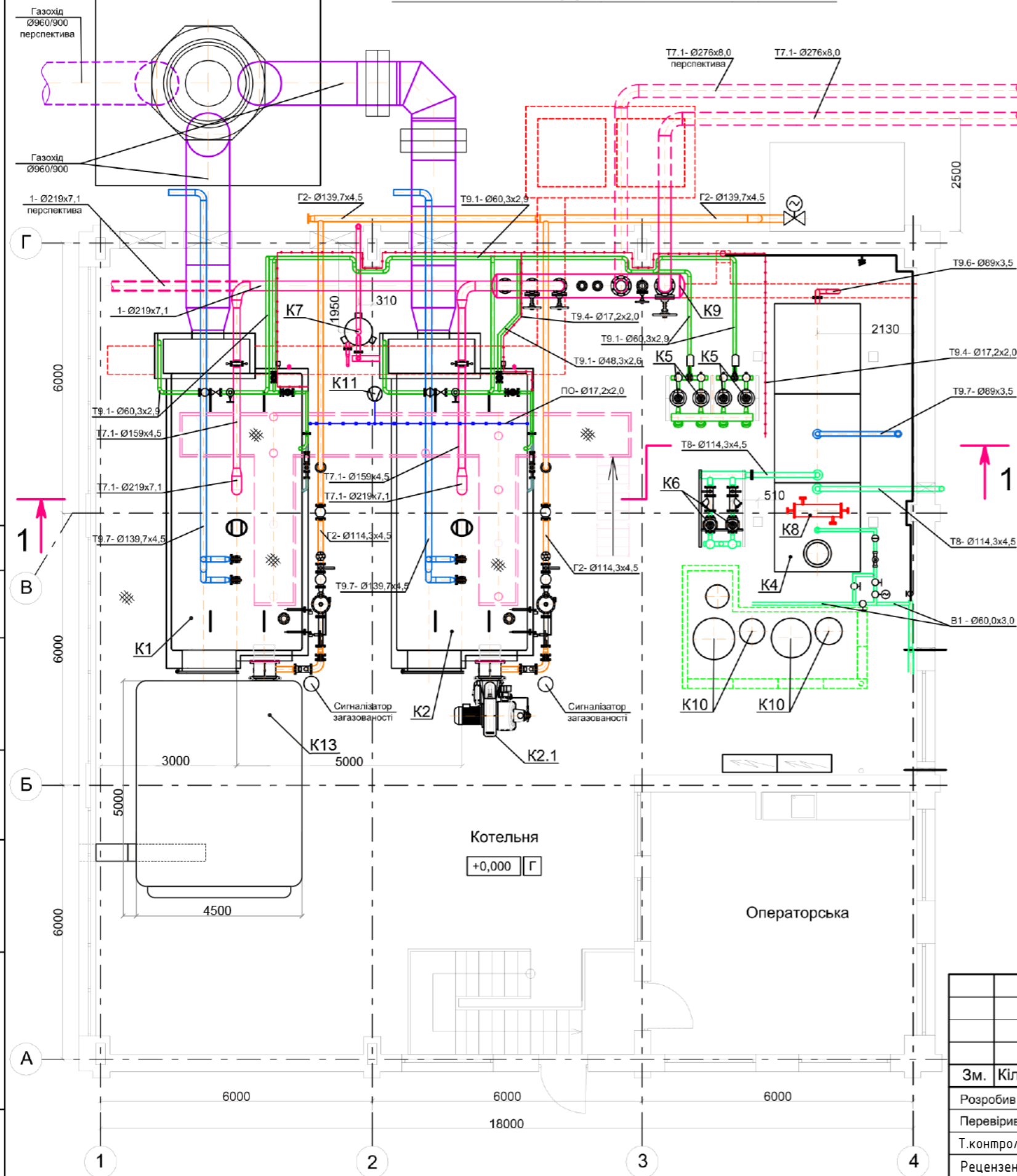
Додаток В (обов'язковий)

## **ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**

**ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРАНА ФРУТ» НА СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО  
ПАЛИВА**



# План на відм. 0,000 М1:100

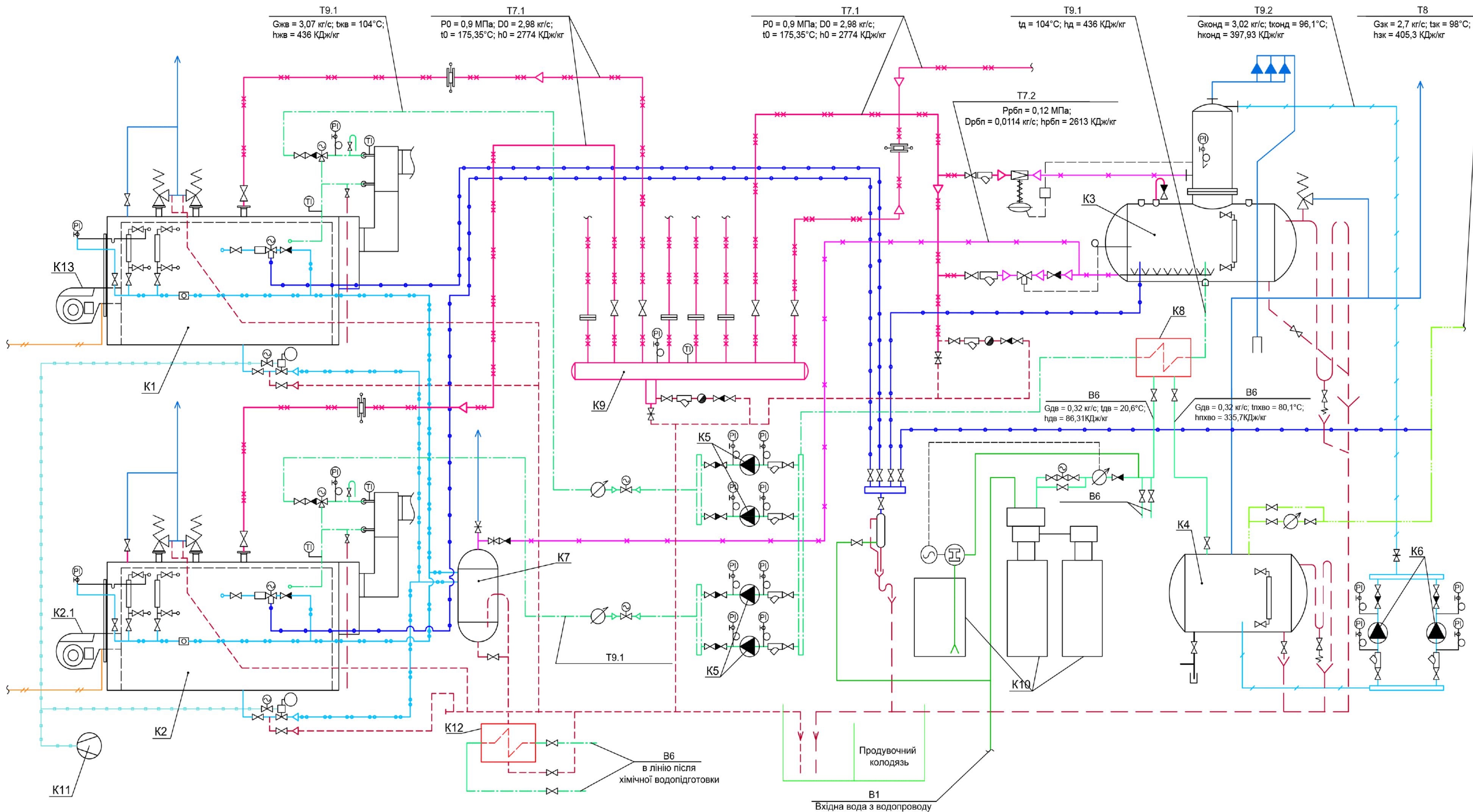


## Експлікація обладнання

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітки
K1	Котел паровий №1 продуктивністю пари 12,0 т/год, Рнад.=8 бар	1	
K2	Котел паровий №2 продуктивністю пари 12,0 т/год, Рнад. =8 бар	1	
K2.1	Пальник газовий котла №2	1	
K3	Деаератор атмосферний	1	
K4	Бак збору конденсату, V= 15 м³	1	
K5	Насос живильної води CR-15-12	4	Нел=10,5 кВт
K6	Насос конденсатний CR-15-2	2	Нел=1,8 кВт
K7	Сепаратор продувок	1	
K8	Теплообмінник пластинчастий	1	
K9	Гребінка парова, Ду 500мм	1	
K10	Установка хімічної водопідготовки	2	компл.
K11	Компресор повітряний	1	
K12	Теплообмінник кожухотрубчастий	1	
K13	Пальник універсальний 6МВт	1	

Погоджено:	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

<b>08-15.БДР.002.01.00.000 АР</b>							
<b>м. Вінниця</b>							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		
Розробив				Бондар Д.С.			
Перевірив				Степанов Д.В.			
Т.контроль				Степанов Д.В.			
Рецензент				Андрухов В.М.			
Н.контроль				Співак О.Ю.			
Затвердив				Степанов Д.В.			
				Передача котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива	Стадія	Аркуш	Аркушів
				План котельні з розташуванням трубопроводів	ВНТУ, ТЕ-21мс		



**Позначення трубопроводів**

- ×××—×××— T7.1 - Трубопровід пари тиском Раб.=9 бар
- ×—×— T7.2 - Трубопровід пари тиском Раб.=1,3 бар
- T8 - Трубопровід конденсату
- T9.1 - Трубопровід живильної води
- T9.2 - Трубопровід підживлювальної води
- T9.3 - Трубопровід продувочний (періодична та безперервна продувка)
- T9.4 - Трубопровід відбору проб
- T9.5 - Трубопровід дренажний напірний
- T9.6 - Трубопровід дренажний безнапірний
- T9.7 - Трубопровід атмосферний та скидний
- B1 - Трубопровід вхідної (сирої) води
- B6 - Трубопровід пом'якшеної води
- G2 - Газопровід середнього тиску
- P0 - Трубопроводи стисненого повітря

Погоджено:	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

<b>08-15.БДР.002.02.00.000 ТЗ</b>					
<b>Схема котельні</b>					
<b>теплова принципова</b>					
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата
Розробив		Бондар Д.С.			
Перевірив		Степанов Д.В.			
Т.контроль		Степанов Д.В.			
Рецензент		Андріхов В.М.			
Н.контроль		Співак О.Ю.			
Затвердив		Степанов Д.В.			
				Лист	Маса
				Аркуш	Аркушів
ВНТУ, ТЕ-21мс					
Формат А2					



08-15.БДР.002.03.00.000 СК

Б (2:1)

Перв. примен.

Справ. №

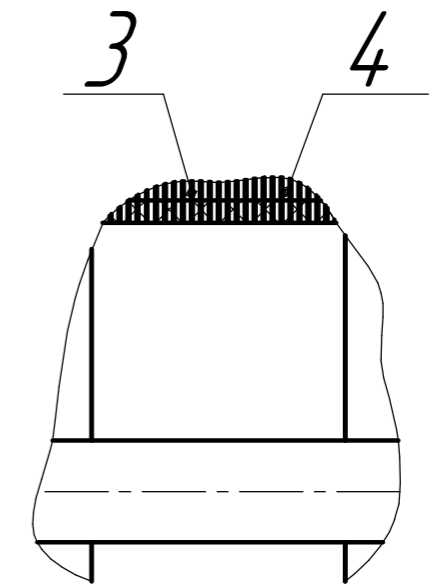
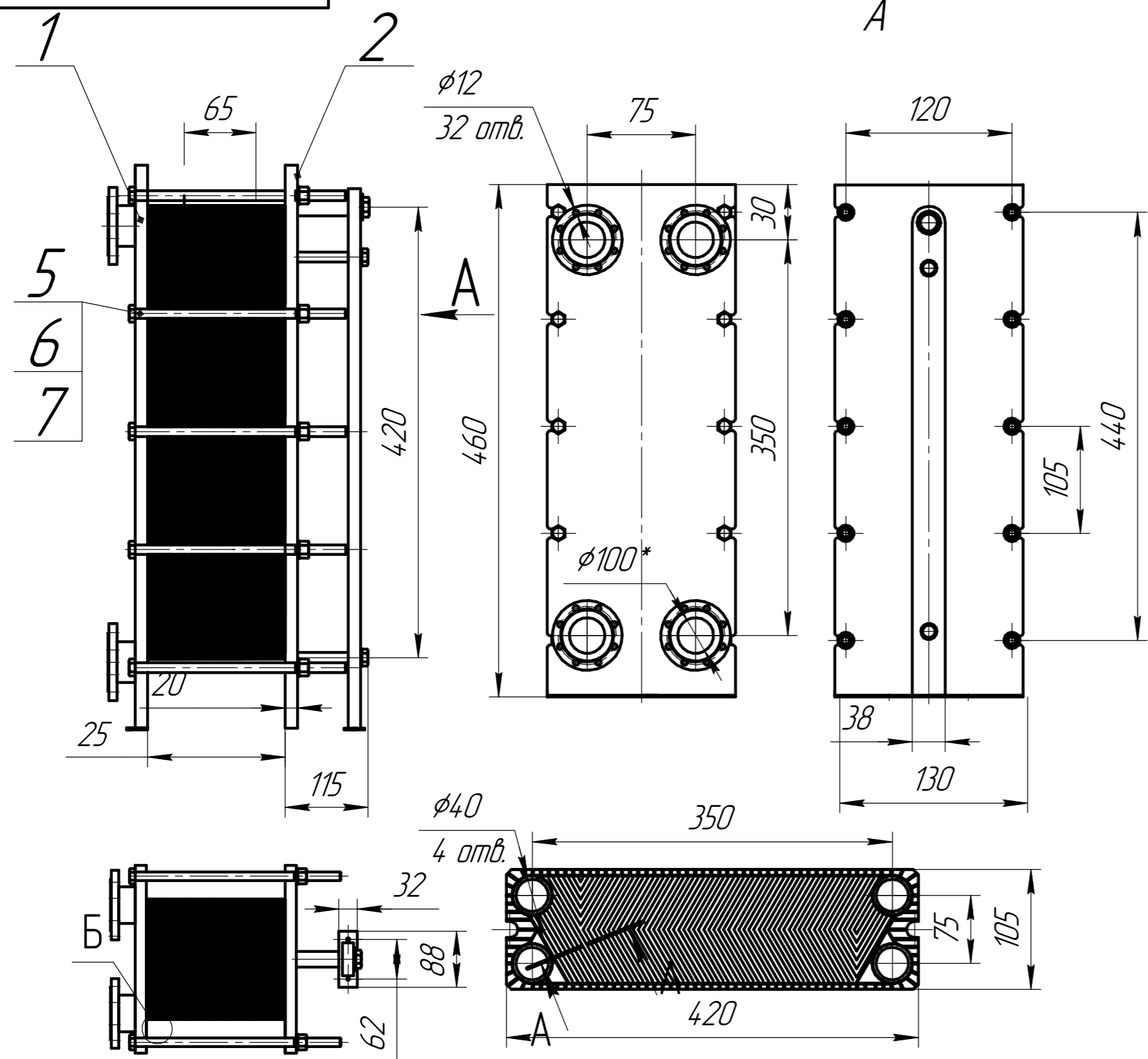
Подп. и дата

Инд. № дщол.

Взам. инв. №

Подп. и дата

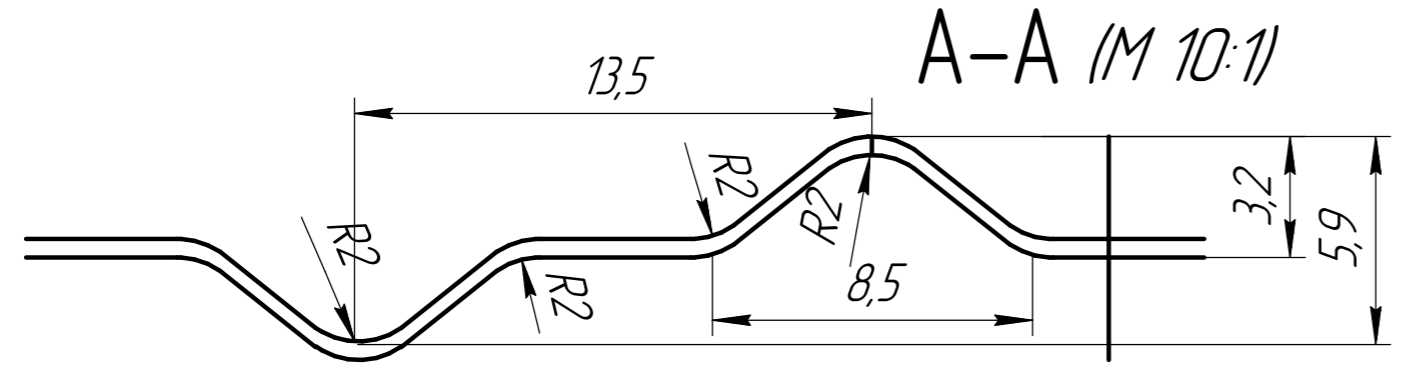
Инд. № подл.



Технічна характеристика

- 1. Початкова температура "гарячого" теплоносія 104 °C
- 2. Початкова температура "холодного" теплоносія 5 °C
- 3. Кінцева температура "гарячого" теплоносія 97 °C
- 4. Кінцева температура "холодного" теплоносія 77 °C
- 5. Площа теплообміну однієї пластини 0,025 м<sup>2</sup>
- 6. Кількість пластин в теплообміннику 60 шт.
- 7. Товщина пластин теплообмінника 0,5 мм
- 8. Теплова потужність теплообмінника 80 кВт

\* Розміри для довідок



08-15.БДР.002.03.00.000 СК				Лит.	Масса	Масштаб
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75	
Розробив	Бондар Д.С.			Лист	Листов	
Перевірив	Степанов Д.В.			ВНТУ зр.ТЕ-21мс		
Т.контроль	Степанов Д.В.			Формат А3		
Рецензент	Андрухов В.М.					
Н.контроль	Співак О.Ю.					
Затвердив	Степанов Д.В.					

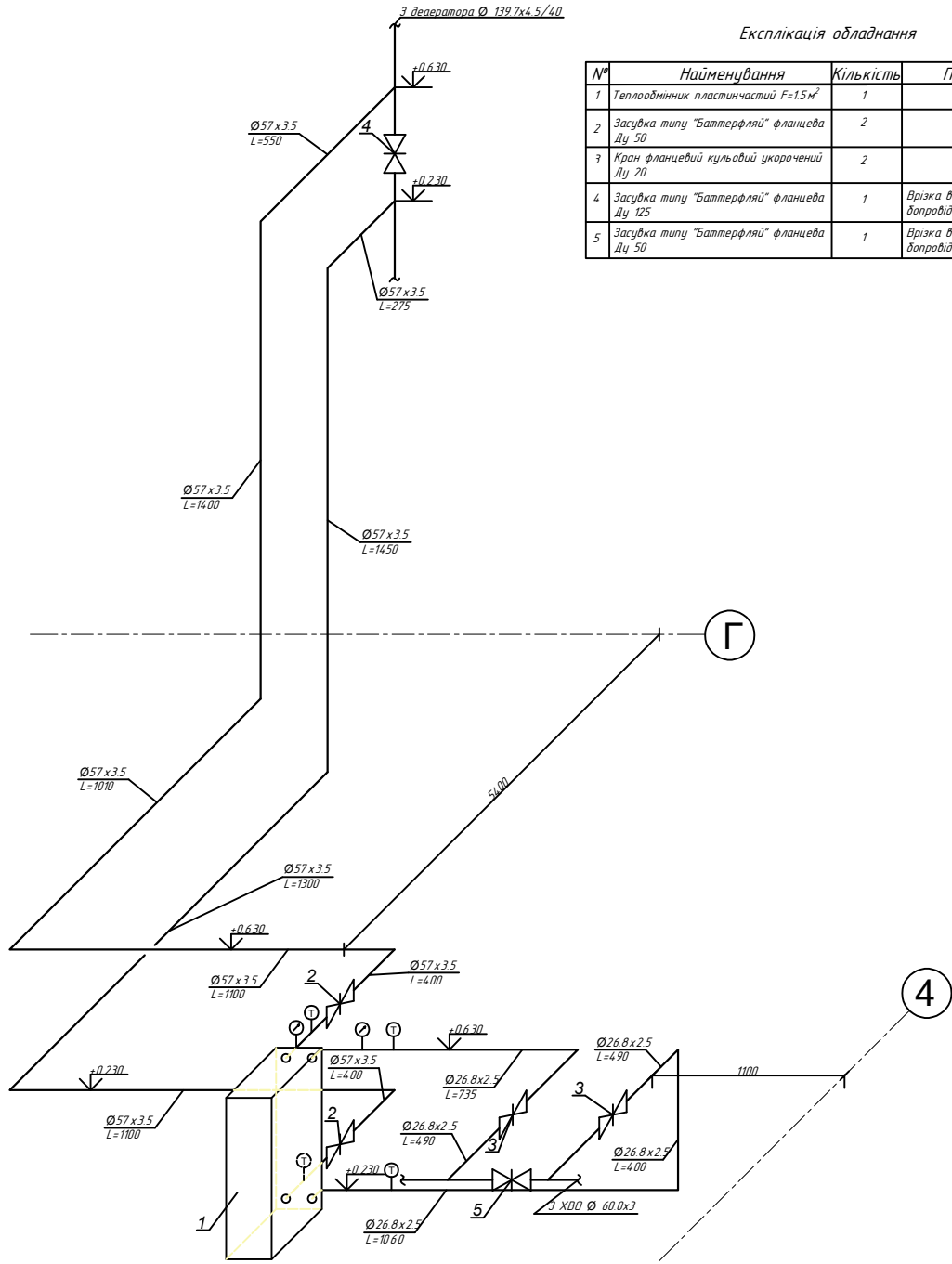
Копировал

Формат А3



Експлікація обладнання

№	Найменування	Кількість	Примітка
1	Теплообмінник пластинчастий F=15м <sup>2</sup>	1	
2	Засувка типу "Баттерфляй" фланцева Ду 50	2	
3	Кран фланцевий кульовий укорочений Ду 20	2	
4	Засувка типу "Баттерфляй" фланцева Ду 125	1	Врізка в існуючий трубопровід Ду 125
5	Засувка типу "Баттерфляй" фланцева Ду 50	1	Врізка в існуючий трубопровід Ду 50



Согласовано

Взам инв №

Подпись и дата

Инв. № подл

08-15.БДР.002.04.00.000 Г5

М.Вінниця

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Переведення котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАНА Фрут» на спалювання твердого палива

Схема монтажна аксонометрична

Стадия	Лист	Листов

ВНТУ, гр. ТЕ-21мс