

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Модернізація парової котельні
товариства з обмеженою відповідальністю «АВІС»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-21 мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Чорний В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

Резидент Н.В.
(прізвище та ініціали)

«12» 06 2023 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА

Попович М.М.
(прізвище та ініціали)

«13» 06 2023 р.

Допущено до захисту

В.о. завідувача кафедри ТЕ

К.Т.Н., доц. Степанов Д. В.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 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
Д. В. Степанов
2023 року



ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Чорному Володимиру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи «Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АВІС»
керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «20» березня 2023 року № 67.
- Строк подання студентом роботи 11.06.2023
- Вхідні дані до роботи: витрата пари на промислові споживачі 1 $D_{nc1} = 0,6$ т/год; витрата пари на промислові споживачі 2 $D_{cn2} = 1,3$ т/год; параметри пари для промислових споживачів 1 $P_{cn1} = 0,4$ МПа, $t_{cn1} = 143$ °С; параметри пари для промислових споживачів 2 $P_{cn2} = 0,8$ МПа, $t_{cn2} = 170$ °С; частка повернення конденсату від промислових споживачів $\alpha = 0,7$; температура зворотного конденсату $t_{зк} = 45$ °С; температура води після хімводоочистки $t_{хво} = 10$ °С; температура води після підігрівника додаткової води $t_{пдв} = 50$ °С; паливо – природний газ, відновлювані види палива; річна тривалість роботи котельні 165 діб.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд джерел інформації щодо заміщення викопних видів палива в котельнях; аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою; обґрунтування вибраного варіанту модернізації котельні; конструктивна частина; технологічна частина; охорона праці.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
план котельні на відм. 0.000; теплова схема котельні; парогенератор Е-1.0-0.9 (розрізи); схема монтажна аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Резидент Н. В., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	<i>Н.В.</i> 22.03.23	<i>Н.В.</i> 12.06.23
5	Віштак І.В., к.т.н., доц. кафедри БЖД/75	<i>І.В.</i>	<i>І.В.</i>
Н.контроль	Співак О.Ю., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	<i>О.Ю.</i> 13.06.23	

7. Дата видачі завдання 22.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналітичний огляд джерел інформації щодо заміщення викопних видів палива в котельнях	22.03.23...02.04.23	<i>вик.</i>
2	Аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою. Обґрунтування вибраного варіанту модернізації.	03.04.23...21.04.23	<i>вик.</i>
3	Конструктивна частина	22.04.23...09.05.23	<i>вик.</i>
4	Технологічна частина	10.05.23...24.05.23	<i>вик.</i>
5	Охорона праці	25.05.23...01.06.23	<i>вик.</i>
6	Оформлення БДР	02.06.23...09.06.23	<i>вик.</i>
7	Попередній захист БДР	10.06.23...13.06.23	<i>вик.</i>
8	Захист БДР	14.06.23...22.06.23	<i>вик.</i>

Студент *Виниш*
(підпис)Чорний В. С.
(прізвище та ініціали)Керівник БДР *Віштак*
(підпис)Резидент Н.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Чорний В. О. «Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АВІС». Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 77 с.

Бібліогр.: 51 назв.; табл. 27.

У бакалаврській дипломній роботі розроблені принципові рішення щодо зменшення собівартості виробництва теплоти та зменшення шкідливого впливу на довкілля парової котельні ТОВ «АВІС» шляхом заміщення природного газу відновлюваними видами палива – паливними гранулами та соняшниковим лушпинням. У загальній частині проаналізовано ефективність заходів в напрямку заміщення природного газу іншими видами палива, техніко-економічними показниками обґрунтована доцільність розробки. В конструктивній частині виконано перевірний розрахунок котла ДЕ-1,0-0,9 в разі роботи на твердому паливі – деревині. Підібрано систему очищення відхідних газів твердопаливних котлів. У технологічній частині розроблено технологію монтажу системи очищення відхідних газів твердопаливних котлів. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання газопроводів, розроблені відомості на виконання робіт. Графічна частина містить 4 креслення. У розділі з охорони праці розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, з гігієни праці та виробничої санітарії, пожежної безпеки.

Ключові слова: парова котельня, біомаса, відновлювані види палива, цикл.

ABSTRACT

Chorny V. O. «Modernization of the steam boiler house of the limited liability company «AVIS». Bachelor thesis on specialty 144 – thermal power engineering, educational program – thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 77 p.

Bibliography: 51 titles; table 27.

In the bachelor's thesis, principled solutions were developed to reduce the cost of heat production and reduce the harmful impact on the environment of the steam boiler house of «AVIS» LLC by replacing natural gas with renewable types of fuel - fuel pellets and sunflower husks. In the general part, the effectiveness of measures in the direction of replacing natural gas with other types of fuel is analyzed, the feasibility of the development is substantiated by technical and economic indicators. In the constructive part, a verification calculation of the DE-1.0-0.9 boiler was performed in the case of operation on solid fuel – wood. The waste gas cleaning system of solid fuel boilers has been selected. In the technological part, the technology of installation of the waste gas cleaning system of solid fuel boilers has been developed. The layout of the equipment was carried out, the gas pipeline laying schemes were developed, and the information for the execution of the work was developed. The graphic part contains 4 drawings. The occupational health and safety department has developed technical solutions for the safe operation of the facility, occupational hygiene and industrial sanitation, and fire safety.

Key words: steam boiler house, biomass, renewable fuels, cyclone.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ЗАХОДІВ ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В КОТЕЛЬНЯХ.....	8
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ	13
2.1 Загальна характеристика об'єкта.....	13
2.2 Розрахунки теплової схеми промислової котельні.....	16
2.3 Розрахунки електричної потужності власних потреб котельні.....	20
2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою	23
2.5 Техніко - економічне обґрунтування варіантів модернізації котельні	25
2.6 Розробка заходів щодо зменшення шкідливого впливу на довкілля....	30
3 ПЕРЕВІРНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРОГЕНЕРАТОРА Е-1.0-0.9 НА ПАЛИВНІЙ ТРИСЦІ	33
3.1 Розрахунок об'ємів повітря та продуктів згорання	33
3.2 Тепловий баланс і витрата палива.....	36
3.3 Розрахунок топки	38
3.4 Розрахунок кип'ятильного пучка	42
3.5 Розрахунок економайзера.....	45
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛІВ.....	51
4.1 Загальна характеристика об'єкта, який підлягає монтажу	51
4.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	52
4.3 Визначення складу і об'єму робіт	55
4.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань для монтажних робіт	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	59
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	59
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	63
5.3 Пожежна безпека.....	68
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	73
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки БДР	78
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання	79
Додаток В (обов'язковий). Графічна частина	82

ВСТУП

Енергетична незалежність України обумовлює використання відновлюваних і місцевих видів палива. Державна політика передбачає зменшення шкідливого впливу на довкілля різними джерелами енергії.

Криза енергопостачання, обумовлена нераціональним використанням енергетичних ресурсів, не вельми відновлюваних, вимагає нових підходів до використання відходів і супутніх сировинних матеріалів. Вугілля, газ і нафта обходяться все дорожче під час розвідки нових родовищ і їх розробці. Старі, облаштовані родовища досить швидко вичерпають свій ресурс. Альтернативні джерела енергії, наприклад, сонячні батареї, вітрові та приливні електростанції ще на стадії остаточного доопрацювання і забезпечують незначний відсоток споживаної енергії. В умовах невеликих підприємств, установ і в житлових будинках, одним з напрямків в економії енергоресурсів є використання в якості палива відходів переробки сільськогосподарських продуктів. У тому числі соняшника, гречки та інших рослин, що утворюють при переробці значну кількість лушпиння [1].

Використання котлів на біопаливі має наступні переваги:

- використання біопалива вигідне з економічної точки зору: воно значно дешевше за дизельне паливо та природний газ;
- біопаливо є екологічно чистим та безпечним матеріалом, тому допомагає вирішити проблему забруднення навколишнього середовища;
- виробництво альтернативного палива здійснюється з найрізноманітніших органічних відходів виробництва, тому воно є доступним у будь-якому регіоні [2].

Мета роботи – зменшити собівартість виробництва теплової енергії та шкідливий вплив на довкілля котельні шляхом заміщення природного газу відновлюваними видами палива.

Завдання бакалаврської дипломної роботи:

- визначити показники роботи котельні для існуючої теплової схеми;

- запропонувати заходи для зменшення собівартості виробництва теплової енергії;
- виконати перевірний розрахунок парового котла Е-1.0-0.9 на відновлюваному виді палива;
- розробити технологію монтажу системи очищення відхідних газів котельні;
- розробити заходи з покращення умов праці.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ЗАМІЩЕННЯ ВИКОПНИХ ВИДІВ ПАЛИВА В КОТЕЛЬНЯХ

Війна росії проти України поставила нашу державу, Європейський союз та світ перед викликом щодо пришвидшення ембарго на закупівлю викопних видів палива з країни-агресора.

Саме цей шлях здатен підірвати економічну базу нинішньої війни, а також запобігти її повторенню.

Міжнародне енергетичне агентство рекомендує:

- не підписувати нових контрактів на постачання газу з росії;
- запровадити зобов'язання щодо накопичення газу у сховищах;
- замінити російські поставки природним газом з інших джерел;
- максимізувати вироблення електричної енергії з біомаси та ядерної енергії;
- прискорити будівництво нових вітрових та сонячних станцій;
- прискорити впровадження теплових насосів;
- активізувати зусилля з диверсифікації та декарбонізації джерел гнучкості енергосистеми;
- підвищувати енергоефективність в будівлях і промисловості;

Мета таких заходів – повністю позбутися залежності від викопних палив з росії задовго до 2030 року [3, 4].

До 2010 року газ був найдешевшим видом палива, тому це був найбільш поширений вид палива. Як газоподібне паливо може бути використаний також пропан або бутан.

Переваги газоподібних палив:

- високий ККД котлів;
- газові котли залишаються одними з найвигідніших за ціною, якщо порівнювати з іншими видами палива;
- економні й надійні в роботі;
- широка газорозподільна мережа постачання та легка установка;

- не потрібно місця для зберігання;
- відносно висока надійність постачання та чисте спалювання.

Скраплений вуглеводневий газ (СВГ) отримують із природного газу або у процесі переробки нафти. Тому вважати що він альтернативний за походженням природному газу, не можна. Скраплений вуглеводневий газ від природного газу відрізняє те, що його основні компоненти це пропан і бутан, а не метан. На відміну від природного газу, скраплений газ під час транспортування і перебування у балонах знаходиться у рідкому стані, а під час використання у газовому приладі – уже у газоподібному. В процесі переведення у рідкий стан об'єм газу зменшується від 300 до 800 разів, залежно від його складу [5], що дає можливість перевозити, а також зберігати скраплені вуглеводні з перевагами, які характерні для рідин, одночасно спалювати, регулювати та контролювати процеси згорання газоподібних вуглеводнів зі зручностями, які характерні для природного та інших горючих газів.

Відомо, що постачання скрапленого газу не пов'язане зі станом газопроводів та решти обладнання газових мереж, що дає можливість вважати СВГ автономним резервним джерелом енергії. Ще однією перевагою СВГ є висока теплота згорання, тому витрата скрапленого газу буде значно меншою, порівняно із природним газом (у 2,5-3 рази). СВГ не є токсичним.

Недоліком цього виду палива є те, що потужності в Україні недостатні для виробництва потрібних об'ємів скрапленого газу. Тому більша частина цього палива імпортується. До мінусів котлів, що працюють на зрідженому газі, можна також віднести вибухонебезпечність палива.

Однією з альтернатив природному газу є тверде біопаливо у сипкому вигляді. Це, наприклад, лушпиння соняшника, або лушпиння гречки, або гранульовані агровідходи (пелети).

Переваги котелень на такому паливі:

- доступність сировини та готового палива;
- можливість автоматизації подачі палива;

- можливо використовувати як для невеликих котелень, так і для промислових;
- на ринку багато виробників, що пропонують рішення для твердопаливних котелень;
- є технічні рішення по переводу існуючих газових котелень на тверде паливо;
- вартість одиниці теплової енергії чи одиниці пари суттєво нижче ніж при виробництві на газі.

З вагомих мінусів твердопаливних котелень треба враховувати:

- необхідність мати достатній операційний запас палива на складах підприємства;
- додатковий персонал для обслуговування котельні;
- наявність надійних постачальників палива з налагодженою логістикою;
- регулярні регламентні роботи з чищення котлів (що суттєво для безперервного виробництва) [6].

Котли на твердій біомасі відносяться до класу твердопаливного обладнання. Для парові котлів серії Е, ДЕ, ДКВр, що працюють на альтернативних видах палива (пелети, деревна тирса, лушпиння та ін).

Твердопаливні котли поділяють на газогенератори, що працюють в режимі піролізу, твердопаливні котли з вихоровим спалюванням палива (соняшникове лушпиння, лушпиння від насіння гречки, рису, вівса та ін.), традиційні котли з шаровим спалюванням палива з вимушеною і природною подачею повітря. Твердопаливний котел може працювати як на одному виді паливі, так і на декількох (універсальні котли).

Недоліком традиційних твердопаливних котлів з шаровим спалюванням палива перероблених на спалювання відходів переробки гречки і соняшника є те, що такі котли швидко виходять з ладу. Це обумовлено накопиченням великої кількості щільної золи, яка забиває економайзер і котельний пучок.

При використанні лушпиння, особливо гречаного, часто виникають загоряння накопичилися в димоходах недогорілі в топці зерен і частинок лушпиння. Димові труби таких котелень регулярно викидають велику кількість іскор, від яких може стати причиною пожежі прилеглих будівель. Відкладення золи в парових котлах на лушпинні призводить до зниження продуктивності майже наполовину. Рівень теплообміну знижений, економайзери відмовляються працювати. Тому котли опалювальні на лушпинні від соняшнику влаштовані дещо інакше. Вони оснащені спеціальними вихровими топками з застосуванням спеціальної аеродинамічної схеми низькотемпературного випалювання горючих частинок. При цьому відкладень на колосниках та димовидалення, характерних для високотемпературного спалювання не відбувається. Вихрові топки встановлюються майже на всі котли опалення на лушпинні і тирсі. Вони особливо ефективні на підприємствах, безпосередньо переробних продукти рослинництва або лісопереробки. Також вони економічно виправдані в населених пунктах, розташованих поблизу подібних виробництв.

Котельні, в яких встановлені парові котли на лушпинні і тирсі вимагають дещо більшої площі, ніж газові або вугільні. Кожен котел повинен бути оснащений сталевим бункером, який легко очищається, для сировини з урахуванням типу основного і резервного виду палива.

Отже, звичайні котли на твердому паливі для спалювання лушпиння непридатні. Але часто економічно обгрунтовано модернізувати їх, обладнавши спеціальними пристроями – передтопками, що перетворюють вуглеводневу сировину – лушпиння, тирсу в газ, який спалюється в котлах разом з частиною біомаси.

Передтопкові камери використовуються для модернізації існуючих парових котлів, що працюють на природному газі, мазуті або вугіллі та переведення їх на альтернативні, більш дешеве паливо, або комплектуються з новими котлами. В якості палива можуть використовуватися пелети, тирса, лушпиння соняшника, лушпиння гречки та інші відходи.

В основу роботи передтопка покладено явище перетворення твердого палива, яким є відходи деревини, лушпиння соняшника та гречки з досить низькою теплотворною здатністю 18,8...19,1 МДж/кг в генераторний газ з теплотворною здатністю 30 МДж/кг і більше з подальшим його спалюванням у котлі. Подача палива – автоматична. Сигналізація аварійного стану – світлова і звукова. Термін експлуатації предтопка не менше 10 років [7].

Процес отримання генераторного газу методом часткового окислення вуглецю, який є в паливі, при високій температурі називається газифікацією твердого палива.

На території України (особливо в тих районах, де немає надходження газу) часто встановлюють вугільні котельні. Вони зосереджені там, де є прямі поставки вугілля, це значно скорочує витрати на транспортування.

Переваги вугільних котелень:

- незалежність від магістральних енергоресурсів;
- такі відносно котельні економічні, ККД їх становить 75... 85%;
- вугільне паливо є в наявності в Україні.

Недоліки вугільних котелень:

- згоряння вугілля суттєво забруднює довкілля;
- зберігання вугілля вимагає значних площ;
- циклічність процесу – різна частота завантаження;
- щоденний догляд за топками, видалення сажі, кіптяви, золи, чищення;
- не зважаючи на втоматизацію, за процесом горіння потрібен постійний контроль [7].

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Загальна характеристика об'єкта

ТОВ «АВІС» забезпечується тепловою енергією від парової котельні, в якій встановлені два робочих парових котли Е-1.0-0.9 (вертикально-водотру-бні двобарабанні з природною циркуляцією) та один резервний FERROLI Varorex HVP 2000, що працюють на газоподібному паливі середнього тиску – природному газі, який подається від ГРП, яка розташована за територією котельні.

В приміщенні розміщені парові котли, щити автоматики та пожежного за-хисту. В котельні розміщене устаткування хімводоочистки, насоси, побутові приміщення.

Живильна вода після проходження через хімводоочистку подається до ко-тлів з температурою 104 °С. Подача живильної води в котли здійснюється жи-вильними насосами (один робочий, один резервний). Для подачі сирі і підіг-рітої додаткової води в котельні встановлені насоси сирі та додаткової води.

Постачання сирі води здійснюється від існуючої міської мережі водогону.

Передбачена безперервна і періодична продувки котла. Продувальна вода виливається в продувальний колодязь.

Трубопроводи котельні ізолювані, мають дренаж в найнижчих точках. Циркуляція мережної води в системі опалення здійснюється двома мережними насосами, один з яких резервний.

Насичена водяна пара від котлів поступає на паровий колектор, звідки ро-зподіляється на промислові споживачі. Конденсат від промислових спожива-чів повертається частково.

Відхідні газы котлів видаляються в димову трубу димососами.

Парові котли серії «Е», належать до вертикально-водотрубних двобарабанних котлів з природною циркуляцією. Котли призначені для вироблення насиченої водяної пари з абсолютним тиском до 0,9МПа. Паропродуктивність котла до 2,5 тонн пари за годину.

Водотрубна конструкція котлів серії «Е» робить їх конструкцію міцнішою порівняно з аналогами жаротрубних котлів. Водотрубні котли експлуатуються не тільки на підприємствах легкої промисловості, але і на підприємствах, де необхідний тиск пари більше 4,0 МПа, що доводить надійність водотрубною конструкції. Термін служби цих парових котлів більше 20 років, а застосування надійних та економічних комплектуючих європейських виробників, дозволяє досягти надійної та економічної роботи даного обладнання.

Парові котли серії «Е» можуть працювати на таких видах палива:

- зріджений газ;
- природний газ;
- рідке паливо (мазут, дизельне паливо);
- біопаливо (пелета, лушпиння соняшника, лушпиння гречки, тріска дерева);
- кам'яне вугілля, буре вугілля.

Технічні характеристики парових котлів серії «Е» на твердому паливі показані в табл. 2.1.

Вибір виду палива для котельні залежить від доступності сировини, ціни на паливо, зручності у використанні, наявності необхідного обладнання.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики парових котлів серії «Е» для роботи на твердому паливі [9]

Найменування показника	Е-1,0-0,9	Е-0,7-0,9Р	Е-1,0-0,9Р	Е-1,2-0,9Р	Е-1,8-0,9Р
Номінальна паропроductивність, т.п./год.	1,0	0,7	1,0	1,2	1,8
Абсолютний тиск пари, МПа, не більше	0,9 (за дод. замовлення 1,4 МПа)				
Розрахункове паливо	Природний та скрапленний газ	Дрова, паливні брикети, біопаливо	Кам'яне та буре вугілля	Біопаливо (пелети, лушпиння насіння)	Біопаливо (пелети, лушпиння насіння)
Розрахункова витрата палива	83,5м ³ /год	Пелети-120кг/год	150кг/год	Пелети-205кг/год	Пелети-310кг/год
ККД, %	91%	75%-ручне подання палива; 82%-автоматична подача (пелета, біопаливо)	75%	82%-автоматична подача (пелети, біопаливо)	82%-автоматична подача (пелети, біопаливо)
Розрахункова температура живильної води, °С	50				
Маса котла, кг, не більше	4300	4300	4300	4900	7500
Габарити котла, м, Д * Ш * В	4,2 * 2,35 * 2,9	4,2 * 2,35 * 2,9 (без передтопка)	4,2 * 2,35 * 2,9	4,2 * 2,45 * 2,9 (без передтопка)	4,9 * 3,8 * 3,6

2.2 Розрахунки теплової схеми промислової котельні

Методика розрахунків теплової схеми котельні показана в [10].

Початкові дані:

- тиск і температура пари з котлів – $P_{\pi} = 0,8$ МПа, $t_{\pi} = 170$ °С;
- тиск і температура пари на споживач 1 – $P_{\pi} = 0,4$ МПа, $t_{\pi} = 143$ °С;
- тиск і температура пари на споживач 2 – $P_{\pi} = 0,8$ МПа, $t_{\pi} = 170$ °С;
- витрата пари на перший технологічний споживач $D_{\text{сп1}} = 0,6$ т/год;
- витрата пари на другий технологічний споживач $D_{\text{сп2}} = 1,3$ т/год;
- температура зворотного конденсату $t_{\text{зк}} = 45$ °С;
- температура води після хімоводоочистки (ХВО) $t_{\text{хво}} = 10$ °С;
- температура води після підігрівника додаткової води (ПДВ) $t_{\text{пдв}} = 50$ °С;
- частка повернення зворотного конденсату $\alpha_{\text{зк}} = 0,7$;
- тиск в деаераторі атмосферному – $P_{\text{д}} = 0,12$ МПа, $t_{\text{жв}} = 104$ °С;
- ККД котлів $\eta_{\text{к}} = 90\%$.

Теплова потужність першого споживача

$$Q_{\text{сп1}} = D_{\text{сп1}} \cdot \left[(h_{\text{сп1}} - h_{\text{к}}) + (1 - \alpha_{\text{к}}) \cdot (h_{\text{к}} - h_{\text{хв}}) \right], \quad (2.1)$$

де $h_{\text{сп1}}$ – ентальпія пари на промислові споживачі, кДж/кг;

$h_{\text{к}}$ – ентальпія конденсату від промислових споживачів, кДж/кг;

$h_{\text{хв}}$ – ентальпія холодної води, кДж/кг;

$\alpha_{\text{к}}$ – частка повернення конденсату.

$$Q_{\text{сп1}} = 0,6/3,6 \cdot \left[(2732 - 188,55) + (1 - 0,7) \cdot (188,55 - 41,9) \right] = 431(\text{кВт}).$$

Теплова потужність другого споживача

$$Q_{\text{сп2}} = D_{\text{сп2}} \cdot \left[(h_{\text{сп2}} - h_{\text{к}}) + (1 - \alpha_{\text{к}}) \cdot (h_{\text{к}} - h_{\text{хв}}) \right], \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{сп2}} = 1,3/3,6 \cdot [(2769 - 188,55) + (1 - 0,7) \cdot (188,55 - 41,9)] = 947,7 \text{ (кВт)}.$$

Витрата пари з котлів

$$D_0 = D_{\text{сп1}} + D_{\text{сп2}} + D_{\text{д}}, \quad (2.3)$$

$$D_0 = 0,17 + 0,36 + D_{\text{д}} = 0,53 + D_{\text{д}} \text{ (кг/с)}.$$

Витрата живильної води

$$G_{\text{жв}} = D_0 + p \cdot D_0 + \alpha_{\text{вп}} \cdot D_0 = D_0 \cdot (1 + p + \alpha_{\text{вп}}), \quad (2.4)$$

$$G_{\text{жв}} = (0,53 + D_{\text{д}}) \cdot (1 + 0,02 + 0,03) = 0,56 + 1,05 \cdot D_{\text{д}} \text{ (кг/с)},$$

де p – частка продувки, $p = 3\% = 0,03$;

$\alpha_{\text{вп}}$ – частка власних потреб, $\alpha_{\text{вп}} = 2\% = 0,02$.

Витрата зворотного конденсату

$$G_{\text{к}} = (D_{\text{сп1}} + D_{\text{сп2}}) \cdot \alpha_{\text{к}}, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{к}} = (0,17 + 0,36) \cdot 0,7 = 0,37 \text{ (кг/с)},$$

де $\alpha_{\text{зк}}$ – частка повернення зворотного конденсату, $\alpha_{\text{зк}} = 0,7$.

Витрата додаткової води

$$G_{\text{дв}} = (D_{\text{сп1}} + D_{\text{сп2}}) \cdot \alpha_{\text{дв}}, \quad (2.6)$$

$$G_{\text{дв}} = (0,17 + 0,36) \cdot 0,3 = 0,16 \text{ (кг/с)},$$

де $\alpha_{\text{дв}}$ – частка додаткової води, $\alpha_{\text{дв}} = 1 - 0,7 = 0,3$.

Ентальпія додаткової води після ПДВ

$$h_{\text{ПДВ}} = C_p \cdot t_{\text{ПДВ}}, \quad (2.7)$$

$$h_{\text{ПДВ}} = 4,19 \cdot 50 = 209,5 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Тепловий баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} \cdot h_{\text{жв}} = D_{\text{д}} \cdot h_{\text{д}}'' + G_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}} + G_{\text{дв}} \cdot h_{\text{ПДВ}}, \quad (2.8)$$

$$(0,56 + 1,05 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 436 = D_{\text{д}} \cdot 2753 + 0,37 \cdot 209,5 + 0,16 \cdot 188,55,$$

$$244,16 + 457,8 D_{\text{д}} = 2753 \cdot D_{\text{д}} + 77,52 + 30,17,$$

$$136,47 = 2295,2 D_{\text{д}},$$

$$D_{\text{д}} = 0,06 \text{ (кг / с)}.$$

Витрата пари після котлів

$$D_0 = 0,53 + D_{\text{д}} = 0,53 + 0,06 = 0,59 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата живильної води

$$G_{\text{жв}} = 0,56 + 1,05 \cdot D_{\text{д}} = 0,56 + 1,05 \cdot 0,06 = 0,623 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність парогенераторів

$$Q_{\text{пг}} = [D_0(1 + \alpha_{\text{вп}}) \cdot (h_0 - h_{\text{жв}}) + D_0 \cdot p \cdot (h_{\text{кв}} - h_{\text{жв}})] \cdot 10^{-3}, \quad (2.9)$$

де $h_{\text{кв}}$ – ентальпія котлової води, кДж/кг;

$$Q_{\text{пг1}} = [0,59(1 + 0,03) \cdot (2769 - 436) + 0,59 \cdot 0,03 \cdot (721 - 436)] \cdot 10^{-3} = 1,423 \text{ (МВт)}.$$

Витрата робочого палива (природного газу)

$$V_p = \frac{Q_{\text{пг}}}{\eta_{\text{пк}} \cdot Q_{\text{н}}^p}, \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{н}}^p$ – нижча теплота згорання робочого палива, $Q_{\text{н.у}}^p = 34,1 \text{ МДж/м}^3$.

$$V_p = \frac{1,423}{0,9 \cdot 34,1} = 0,046 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Витрата умовного палива

$$V_y = \frac{Q_{\text{пг}}}{\eta_{\text{пг}} \cdot Q_{\text{н.у}}^p}, \quad (2.11)$$

$$V_y = \frac{1,423}{0,9 \cdot 29,3} = 0,054 \text{ (кг/с)},$$

де $Q_{\text{н.у}}^p$ – нижча теплота згорання умовного палива, $Q_{\text{н.у}}^p = 29,3 \text{ МДж/кг}$.

ККД парової котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{сп1}} + Q_{\text{сп2}}}{B_y \cdot Q_{\text{н.у}}^p}, \quad (2.12)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{0,431 + 0,9477}{0,054 \cdot 29,3} = 0,87.$$

2.3 Розрахунки електричної потужності власних потреб котельні

Подача вентилятора ВД-2,7 для парового котла Е-1-0,9Г-3 згідно паспортних даних $Q_{\text{в}} = 250 \dots 550 \text{ м}^3/\text{год}$. Потужність, яка споживається вентилятором $N_{\text{в}} = 1,1 \text{ кВт}$ [11].

Подача димососа Д-3,5 згідно паспортних даних $Q_{\text{д}} = 1500 \dots 550 \text{ м}^3/\text{год}$. Потужність, яка споживається димососом $N_{\text{д}} = 1,1 \text{ кВт}$ [12].

Загальна електрична потужність тягодуттьових установок

$$N_{\text{тд}} = 2 \cdot N_{\text{в}} + 2 \cdot N_{\text{д}}, \quad (2.13)$$

$$N_{\text{тд}} = 2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,1 = 4,4 \text{ (кВт)}.$$

Об'ємна подача насоса живильної води

$$Q_{\text{жн}} = \frac{k_3 \cdot G_{\text{жв}} \cdot 3600}{\rho_{\text{жв}}}, \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{жн}} = \frac{1,1 \cdot 0,623 \cdot 3600}{955,34} = 2,58 \text{ (м}^3/\text{год)},$$

де $\rho_{\text{жв}}$ – густина живильної води після деаератора. Для $t_{\text{жв}} = 104 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $\rho_{\text{жв}} = 955,34 \text{ кг/м}^3$ [13].

Потужність, яку споживає електропривод живильного насоса

$$N_{\text{жн}} = Q_{\text{жн}} \cdot H_{\text{нжв}} / (3600 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ем}}), \quad (2.15)$$

$$N_{\text{жн}} = 2,58 \cdot 990 / (3600 \cdot 0,65 \cdot 0,96) = 1,14 \text{ (кВт)},$$

де $H_{\text{нжв}}$ – напір насоса, $H_{\text{нжв}} = 990 \text{ кПа}$;

$\eta_{\text{н}}$ – ККД насоса, $\eta_{\text{н}} = 0,65$.

Об'ємна подача насоса сирій води

$$Q_{\text{нсв}} = \frac{k_3 \cdot G_{\text{св}} \cdot 3600}{\rho_{\text{хво}}}, \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{нсв}} = \frac{1,1 \cdot 0,16 \cdot 3600}{999,7} = 0,63 \text{ (м}^3\text{/год)},$$

де $\rho_{\text{хво}}$ – густина води після ХВО. Для $t_{\text{хво}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho_{\text{хво}} = 999,7 \text{ кг/м}^3$.

Потужність, яку споживає електропривод насоса сирій води

$$N_{\text{нсв}} = Q_{\text{нсв}} \cdot H_{\text{нсв}} / (3600 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ем}}), \quad (2.17)$$

$$N_{\text{нсв}} = 0,63 \cdot 500 / (3600 \cdot 0,6 \cdot 0,96) = 0,15 \text{ (кВт)},$$

де, $H_{\text{нсв}}$ – напір насоса сирій води, $H_{\text{нсв}} = 500 \text{ кПа}$.

$\eta_{\text{н}}$ – ККД насоса, $\eta_{\text{н}} = 0,8$.

Об'ємна подача насоса ХВО

$$Q_{\text{HXBO}} = \frac{G_{\text{ДВ}} \cdot 3600}{\rho_{\text{ХВО}}}, \quad (2.18)$$

$$Q_{\text{HXBO}} = \frac{0,16 \cdot 3600}{999,7} = 0,58 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Потужність, яку споживає електропривод насоса ХВО

$$N_{\text{HXBO}} = Q_{\text{HXBO}} \cdot H_{\text{HXBO}} / (3600 \cdot \eta_{\text{H}} \cdot \eta_{\text{EM}}), \quad (2.19)$$

$$N_{\text{HXBO}} = 0,58 \cdot 500 / (3600 \cdot 0,8 \cdot 0,96) = 0,1 \text{ (кВт)},$$

де, H_{HXBO} – напір насоса ХВО, $H_{\text{HXBO}} = 500$ кПа;

η_{H} – ККД насоса, $\eta_{\text{H}} = 0,8$.

Сумарна споживна потужність насосів

$$N_{\text{H}} = N_{\text{ЖН}} + N_{\text{НСВ}} + N_{\text{HXBO}}, \quad (2.20)$$

$$N_{\text{H}} = 1,14 + 0,15 + 0,1 = 1,39 \text{ (кВт)},$$

Загальна потужність власних потреб

$$N_{\text{ВП}} = (N_{\text{ТД}} + N_{\text{H}}) \cdot k, \quad (2.21)$$

$$N_{\text{ВП}} = (4,4 + 1,39) \cdot 1,1 = 6,37 \text{ (кВт)},$$

де k – коефіцієнт, який враховує потужність освітлювального обладнання,

$k = 1,1$.

2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою

Розрахунки виконані за методиками [10, 14].

Витрата палива за рік

$$V_{\text{річ}} = V_p \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{річ}}, \quad (2.22)$$

де V_p – секундна витрата палива, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\tau_{\text{річ}}$ – тривалість періоду, діб.

$$V_{\text{річ}} = (0,046 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 165) \cdot 10^{-6} = 0,656 \text{ (млн. м}^3/\text{рік)}.$$

Витрати коштів підприємством на паливо

$$C_{\text{пал}} = V_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{пал}} \cdot K_{\text{вп}}, \quad (2.23)$$

де $K_{\text{вп}}$ – коефіцієнт, який враховує витрату палива на власні потреби;

$\text{Ц}_{\text{пал}}$ – вартість палива [15], (грн./ м^3).

$$C_{\text{пал}} = 0,656 \cdot 10^6 \cdot 35,0 \cdot 1,006 \cdot 10^{-6} = 23,09 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Споживання електричної енергії котельнею за рік

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{вп}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{оп}}, \quad (2.24)$$

$$E_{\text{річ}} = 6,37 \cdot 24 \cdot 165 = 25225,2 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Витрати коштів підприємством на електричну енергію [16]

$$C_{\text{еє}} = E_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{еє}}, \quad (2.25)$$

$$C_{\text{еє}} = 25225,2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,138 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Річне споживання води

$$G_{\text{в.річ}} = (G_{\text{дв}}/\rho_{\text{в}}) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}}, \quad (2.26)$$

$$G_{\text{в.річ}} = (0,16/999,8) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 165 = 2281 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = G_{\text{в.річ}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (2.27)$$

де $\Pi_{\text{в}}$ – вартість води [17], (грн./м³).

$$C_{\text{в}} = 2281 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot S_{\text{А}}, \quad (2.28)$$

$$C_{\text{ам}} = 12 \cdot 0,075 = 0,9 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.29)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 0,9 = 0,18 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату

$$C_{\text{зп}} = O_{\text{р}} \cdot \epsilon_{\text{СВ}} \cdot n \cdot \tau_{\text{р}}, \quad (2.30)$$

$$C_{\text{зп}} = (15000 \cdot 1,385 \cdot 3 \cdot 3) \cdot 10^{-6} = 0,187 \text{ (млн.грн/рік)},$$

де $O_{\text{р}}$ – оклад працівника, грн;

n – кількість працівників в котельні;

τ_p – кількість місяців роботи котельні в році;

ЄСВ – єдиний соціальний внесок.

Інші витрати

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (C_{пал} + C_{се} + C_{в} + C_{ам} + C_{пр} + C_{зп}), \quad (2.31)$$

$$\begin{aligned} C_{ін} &= 0,06 \cdot (23,09 + 0,138 + 0,015 + 0,9 + 0,18 + 0,187) = \\ &= 1,47 \text{ (млн. грн./рік)}. \end{aligned}$$

Експлуатаційні витрати підприємством за рік

$$C_{річ} = C_{пал} + C_{се} + C_{в} + C_{ам} + C_{пр} + C_{зп} + C_{ін}, \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned} C_{річ} &= 23,09 + 0,138 + 0,015 + 0,9 + 0,18 + 0,187 + \\ &+ 1,47 = 25,98 \text{ (млн. грн./рік)}. \end{aligned}$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{річ} = Q^{оп} \cdot 15 \cdot 3600 \cdot \tau_{оп}, \quad (2.33)$$

$$Q_{річ} = 1,423 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 165 = 20286288 \text{ (МДж/рік)}.$$

Собівартість вироблення теплової енергії паровою котельнею

$$СВ_{теплоти} = C_{річ} / Q_{річ}, \quad (2.34)$$

$$СВ_{теплоти} = (25,98 \cdot 10^6) / 20286,288 = 1280,7 \text{ (грн/ГДж)}.$$

2.5 Техніко - економічне обґрунтування варіантів модернізації котельні

Виконаємо оцінку техніко–економічних показників роботи котельні для таких варіантів:

- робота котельні на природному газі;
- реконструкція котлів із встановленням передтопка для спалювання біопалива;
- реконструкція котлів для спалювання вугілля.

Для виконання розрахунків приймаємо, що сумарна кількість робочих діб парової котельні становить 165 діб на рік. Для точних розрахунків капітальних вкладень на виконання модернізації котельні складається локальний кошторис. Для того щоб орієнтовно визначити витрати на амортизацію задаємося, що реконструкція котлів з встановленням передтопка котла та іншого додаткового обладнання для спалювання твердого палива становитиме 500 тис.грн [8]. Вартість існуючих основних виробничих фондів котельні $K = 12$ млн грн.

Теплова потужність котельні в опалювальний та міжопалювальний періоди [10]

$$Q_{\text{шт}} = D_o \cdot (1 + \alpha_{\text{ВП}}) \cdot (h_o - h_{\text{жв}}) + D_o \cdot p \cdot (h_{\text{кв}} - h_{\text{жв}}), \quad (2.35)$$

де $h_{\text{жв}}$ – ентальпія живильної води, кДж/кг;

$h_{\text{кв}}$ – ентальпія котлової води, кДж/кг.

$$Q_{\text{шт}} = [0,59(1 + 0,03) \cdot (2769 - 436) + 0,59 \cdot 0,03 \cdot (721 - 436)] \cdot 10^{-3} = 1,423 \text{ (МВт)}.$$

Визначимо техніко-економічні показники парової котельні на природному газі, біопаливі, вугіллі. Нижча теплота згорання природного газу – $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 34,1$ (МДж/м³), лушпиння соняшника – $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 19,00$ МДж/кг, паливна тріска – $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 12,00$ МДж/кг, вугілля – $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 27,00$ МДж/кг [18], ККД котлів на вугіллі – 0,75, біопаливі – 0,82, природному газі – 0,91 [19].

Витрата робочого палива

$$B_{\text{р}} = Q_{\text{шт}} / (Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}). \quad (2.36)$$

Робоче паливо – природний газ.

$$B_{\text{р}} = 1,423 / (34,1 \cdot 0,91) = 0,0458 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Робоче паливо – лушпиння соняшника.

$$B_p = 1,423 / (19 \cdot 0,82) = 0,0913 \text{ (кг/с)}.$$

Робоче паливо – паливна тріска.

$$B_p = 1,423 / (12 \cdot 0,82) = 0,1446 \text{ (кг/с)}.$$

Робоче паливо – вугілля.

$$B_p = 1,423 / (27,0 \cdot 0,75) = 0,0703 \text{ (кг/с)}.$$

В таблиці 2.2 наведені результати розрахунків техніко-економічних показників котельні на різних палива.

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

Найменування величини	Природний газ	Лушпиння соняшника	Паливна тріска	Вугілля
Ціна палива	35 грн/м ³ [15]	2,5 грн/кг [20]	2,0 грн/кг [20]	12,5 грн/кг [21]
Ціна електричної енергії	5,5 грн/(кВт·год)	5,5 грн/(кВт·год)	5,5 грн/(кВт·год)	5,5 грн/(кВт·год)
Річні витрати на паливо	22,992 млн.грн/рік	3,274 млн.грн/рік	4,147 млн.грн/рік	12,6 млн.грн/рік
Річні витрати на електричну енергію	0,139 млн.грн/рік	0,204 млн.грн/рік	0,204 млн.грн/рік	0,204 млн.грн/рік
Собівартість виробництва теплової енергії	1235,586 грн/ГДж	549,617 грн/ГДж	395,88 грн/ГДж	376,12 грн/ГДж

Отже, за результатами наведених вище розрахунків можна зробити висновок, що доцільно замінити природний газ, як паливо для котлів Е-1,0-0,9, соняшниковим лушпинням або паливною тріскою, оскільки собівартість виробництва теплової енергії в разі роботи котельні на цих відновлюваних видах палива є найнижчою.

Для подальшої розробки приймаємо варіант з реконструкцією котлів Е-1,0-0,9 з установленням топки виносної. Спалювання за такої технології проводиться у три етапи [8].

1. Газифікація і часткове спалювання палива в нижній конусній частині топки при температурах 800 ... 950 ° С в киплячому циркулюючому шарі. При цьому високонапірне первинне повітря утримує паливо у зваженому стані, що дає можливість без спікання та злипання газифікувати олії та смоли, спалити великі частинки та частинки з великою питомою вагою.

2. Спалювання залишків вуглецевих частинок і дрібних фракцій палива проводиться в циклонній (середній) частині топки шляхом тангенційного вдування вторинного повітря та додавання рециркуляційних газів, що стабілізує температуру в межах 1050...1150°С виключає плавлення золи.

3. Допалювання горючих газів (СО, Н₂, СН₄) і піролізних смол проводиться в камері допалення (топковому просторі котла) з подачею третинного повітря. Крім того, камера допалювання виконує функцію золоуловлювача – в разі низьких швидкостей відхідних газів відбувається осадження золи в нижній частині з можливістю періодичного видалення золи без зупинки роботи топки.

Принцип роботи передтопка. Паливо, яке знаходиться в бункері, подається шнеком в передтопок, де відбувається процес його газифікації з частковим згорянням в камері. Догорання димових газів здійснюється в амбразурі передтопка з утворенням факела в топці котла. Для забезпечення процесу газифікації киснем, в передтопок подається повітря за допомогою дугтьового вентилятора. Привод шнека здійснюється електродвигуном через редуктор. При виявленні загоряння палива в коробі шнека і здійсненні відповідних захисних

заходів, на верхній стінці короба, перед передтопком, встановлений датчик температури і вхідний штуцер для підключення джерела води від якого можна було б погасити в коробі шнека паливо, що загорілося. Необхідне управління роботою передтопка здійснює блок автоматичного управління.

Передтопок – це камера, виготовлена з цегли, яка встановлена на рамі. Конструктивно рама має три нахилених ряди колосників і нижній поворотний ряд колосників. Бокові поверхні камери обшиті порожнистим кожухом з листової сталі, який є повітропроводом від вентилятора до камери; повітря, охолоджуючи бічні поверхні камери, подається нагрітим під колосникові ґрати.

Для подачі палива, в задній стінці камери, вмонтовано патрубков, до якого кріпиться короб шнека подачі палива, а на передній стінці камери розташований перехідник для виходу газів в паровий котел.

Під поворотним нижнім рядом колосників вмонтований короб шнека вивантаження золи. Для проведення регламентних робіт і внутрішнього огляду камери в бічній стінці конструктивно передбачено технологічний люк. Для спостереження за процесом горіння на бічній стінці встановлений оглядовий люк.

Бункер зварений з листової сталі прямокутної форми з конічним нахилом в нижній частині. З метою завантаження бункера палива, на верхній поверхні встановлена відкидна кришка. До нижньої частини бункеру приварений короб, в якому розташований шнек подачі палива.

Шнек – це зварна конструкція, вал якої виготовлений з труби, а спіраль шнека з листової сталі. Один кінець шнека встановлений на підшипник, а другий, вихідний кінець шнека залишається вільним. Обертальний рух шнека передається від мотор-редуктора, який закріплений до фланця короби шнека.

На задній стінці бункера прикріплений водяний бак, який передбачає, за необхідності, можливість загасити загорання палива в коробі шнека. Водяний бак з'єднаний з бобишкою короба шнека гнучким шлангом, на лінії якого встановлений кран (електромагнітний клапан). Бункер встановлений на приварні сталеві опори [8].

Робота котельні на цих видах палива супроводжується викидами високодисперсної золи у довкілля. Тому необхідно передбачити заходи щодо зменшення шкідливого впливу на довкілля.

2.6 Розробка заходів щодо зменшення шкідливого впливу на довкілля

Найбільшого поширення в системах для первинного очищення від високодисперсної золи відхідних газів отримали циклони

Циклони прості у виготовленні, надійні в експлуатації, забезпечують фракційну ефективність очищення від 80% до 95 % для частинок розміром більше 10 мкм. Ефективність очищення газу в циклонах переважно залежить від дисперсного складу та густини частинок, в'язкості газу та його температури.

Вхідні дані.

Витрата робочого палива $B_p = 0,0457$ кг/с, $B_p = 0,0723$ кг/с.

Кількість котлів, циклонів – 2 шт;

Об'єм газів $V_g = 6,7$ м³/кг;

Частка виносу золи $a_{\text{вин}} = 0,15$.

Температура газів $t_g = 210$ °С.

Необхідна ефективність очищення відхідних газів $\eta = 98$ %.

Дійсний об'єм відхідних газів [19]

$$V_{\text{дг}} = B_p \cdot V_g \cdot \frac{t_g + 273}{273},$$

де t_g – температура газів на виході з котла, °С;

V_g – об'єм відхідних газів, м³/кг.

Дійсний об'єм відхідних газів в разі роботи на соняшниковому лушпинні

$$V_{\text{дг}} = 0,0457 \cdot 6,7 \cdot \frac{210 + 273}{273} = 0,54 \text{ (м}^3\text{/с)} = 1950 \text{ (м}^3\text{/Год)}.$$

Дійсний об'єм відхідних газів в разі роботи на трісці з деревини

$$V_{\text{др}} = 0,0723 \cdot 6,7 \cdot \frac{210 + 273}{273} = 0,857 \text{ (м}^3\text{/с)} = 3085 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

До встановлення приймаємо циклон типу МЦ-400 [22]. Технічні характеристики циклона МЦ-400 показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики циклона МЦ-400

Параметр	Од. вим.	
Продуктивність	м.куб./год	3000
Ефективність очищення газів	%	85...98
Коефіцієнт гідравлічного опору		147
Габаритні розміри:		
— довжина	мм	1158
— ширина	мм	1090
— висота	мм	2646
Маса	кг	260

Добова витрата палива на один паровий котел

$$B_p = 0,0723 \cdot 24 \cdot 3600 = 6246,72 \text{ (кг/добу)} = 6,247 \text{ (т/добу)}.$$

Добовий викид золи при спалюванні палива – тріска з деревини

$$G_{\text{зол}} = 0,01 \cdot B_p \cdot \left(A^p + \frac{q_4 \cdot Q_n^p \cdot 238,65}{10000} \cdot \left[1 - a_{\text{внн}} \left(1 - \frac{\eta_{\text{ц}}}{100} \right) \right] \right), \quad (3.45)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ – ККД циклона;

10000 – умовна теплота згоряння недопалу, кДж/кг;

q_4 – втрати теплоти з механічним недопалом, %;

B_p – добова витрата палива котлом, т/добу;

$a_{\text{вин}}$ – частка золи у виносі;

A^p – зольність палива на робочу масу, %;

Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг.

$$G_{\text{зл}} = 0,01 \cdot 6,247 \cdot \left(1,8 + \frac{2 \cdot 12,0 \cdot 238,65}{10000} \cdot \left(1 - \frac{0,15(1-0,85)}{100} \right) \right) = 0,148 \text{ (т/добу)}.$$

Добовий викид золи двома котлами відповідно становить 0,296 т/добу.

3 ПЕРЕВІРНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРОГЕНЕРАТОРА Е-1.0-0.9 НА ПАЛИВНІЙ ТРІСЦІ

Початкові дані

Паливо – паливна тріска.

Елементарний склад палива : $W^p = 15 \%$, $A^p = 0,5 \%$, $C^p = 44 \%$, $H^p = 5 \%$,
 $N^p = 0,5 \%$, $O^p = 35 \%$.

- паровидатність $D = 1\text{т/год} = 0,277\text{кг/с}$;
- тиск в барабані котла $P_6 = 0,8\text{МПа}$;
- температура насиченої пари $t_{\text{нп}} = 151,1 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура відхідних газів котла $\vartheta_{\text{вг}} = 170 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коефіцієнт надлишку повітря в топці $\alpha_t' = 1,5$;
- температура води на вході $t' = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура води на виході $t'' = 174,5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура холодного повітря $t_{\text{хп}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- нижча теплота згорання палива $Q_{\text{н}}^p = 15825 \text{ кДж/кг}$;
- частка виносу золи $a_{\text{вин}} = 0,95$;
- втрати теплоти від хімічної неповноти згорання $q_3 = 1 \%$;
- втрати теплоти від механічної неповноти згорання $q_4 = 3 \%$;
- частка безперервної продувки $p = 5 \%$.

3.1 Розрахунок об'ємів повітря та продуктів згорання

Розрахунки парогенератора виконані за методиками [19, 23]

Теоретичний об'єм повітря

$$\begin{aligned} V^o &= 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p = \\ &= 0,0889 \cdot (44 + 0,375 \cdot 0) + 0,265 \cdot 5 - 0,0333 \cdot 35 = 4,07 \text{ (м}^3\text{/кг)}. \end{aligned}$$

Теоретичний об'єм триатомних газів

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) = 0,01866 \cdot (44 + 0,375 \cdot 0) = 0,82 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм азоту

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V^o + 0,008 \cdot N^p = 0,79 \cdot 4,07 + 0,008 \cdot 0,5 = 3,214 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм водяної пари

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^o &= 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^o = \\ &= 0,111 \cdot 5 + 0,0124 \cdot 15 + 0,0161 \cdot 4,07 = 0,806 \text{ (м}^3\text{/кг)}. \end{aligned}$$

Теоретично необхідний об'єм повітря

$$\begin{aligned} V^o &= 0,115 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,342 \cdot H^p - 0,0431 \cdot O^p = \\ &= 0,115 \cdot (44 + 0,375 \cdot 0) + 0,342 \cdot 5 - 0,0431 \cdot 35 = 5,262 \text{ (м}^3\text{/кг)}. \end{aligned}$$

3.1.1 Присмоктування повітря в газоходах і коефіцієнт надлишку повітря на виході з газоходів.

Таблиця 3.1 – Значення присмоктувань повітря в газоходах і коефіцієнта залишку повітря на виході з газоходів

Ділянки газового тракту	$\Delta\alpha_{пр}$	α''
Топка	0,1	1,5
кип'ятильний пучок	0,025	1,525
Економайзер сталевий	0,1	1,625

3.1.2 Характеристики продуктів згорання в газоходах

Таблиця 3.2 – Середні характеристики продуктів згорання в газоходах

Найменування величини	Розмірність	Найменування газоходів		
		топка	кип'ятильний пучок	Економайзер сталевий
1	2	3	4	5
Коефіцієнт надлишку повітря за газоходом α''	---	1,5	1,525	1,625

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Коефіцієнт надлишку повітря середній $\alpha_{\text{ср}}$	---	1,45	1,512	1,612
Об'єм водяних парів, $V_{\text{H}_2\text{O}}$	м ³ /м ³	0,822	0,826	0,832
Об'єм димових газів, $V_{\text{Г}}$	- // -	6,489	6,736	7,191
Частка триатомних газів, $\Gamma_{\text{RO}_2} = V_{\text{RO}_2} / V_{\text{Г}}$	---	0,122	0,117	0,11
Об'ємна частка водяної пари, $\Gamma_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}} / V_{\text{Г}}$	---	0,127	0,123	0,115
Сума часток триатомних газів, $r_{\text{п}}$ $= \Gamma_{\text{RO}_2} + \Gamma_{\text{H}_2\text{O}}$	---	0,249	0,24	0,226
Концентрація золи $\mu_{\text{зл}} = 10 \cdot A^{\text{п}} \cdot a_{\text{вин}} / V_{\text{Г}}$	---	0,0027	0,0026	0,00245

3.1.3 Ентальпії повітря і продуктів згоряння

Таблиця 3.3- Ентальпії повітря і продуктів згоряння (І – 9 таблиця)

ϑ , °С	$I_{\text{Г}}^0$, кДж/кг	$I_{\text{пов}}^0$, кДж/кг	Ентальпії газів в газоходах $I_{\text{Г}} = I_{\text{Г}}^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{\text{пов}}^0$		
			топка	кип'ят- льний пу- чок	Еконо-май- зер
100	657,4	518,8			981,6
200	1331,4	1045,4		1880,2	1984,7
300	2027,5	1583,8		2858,99	3017,3
400	2744,7	2130,1		3863	4076
500	3480,9	2688,1		4896,1	5160,9
600	4231,8	3261,9		5949,2	6270,5
700	5004,9	3847,5	6934,5	7030,6	7409,6
800	5803	4440,9	8030,2	8141,2	8578,5
900	6614,3	5034,3	9139,3	9265,1	
1000	7441,5	5643,5	10272	10413,1	
1200	9106,1	6893,2	12563,5	12735,9	
1400	10834,1	8158,7	14926,4		
1600	12577,9	9443,8	17314,9		
1800	14355,5	10725	19735,2		

3.2 Тепловий баланс і витрата палива

Таблиця 3.4 – Тепловий баланс і витрата палива

Величина			Розмірність	Розрахунок
Найменування	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
Наявна теплота палива	Q_H	Q_H^p	кДж/кг	15825
Втрати теплоти від хімічної неповноти згорання	q_3	Згідно із завданням	%	1
Втрати теплоти від механічної неповноти згорання	q_4	Із режимної карти	%	3
Температура відхідних газів	$\nu_{вг}$	Згідно із завданням	°С	170
Ентальпія відхідних газів	$I_{вг}$	Із І – 9 - таблиці	кДж/м ³	1169,46
Температура повітря в котельні	t	Згідно із завданням	°С	20
Ентальпія повітря в котельні	$I_{хп}^0$	$V^0 \cdot (ct)_{пов}$	кДж/м ³	$4,07 \cdot 26 = 105,82$
Втрати теплоти з відхідними газами	q_2	$(I_{вг} - \alpha_{вг} \cdot I_{хп}^0) \times (100 - q_4) / Q_H$	%	$(1169,46 - 1,625 \times 105,82) \times (100 - 3) / 15825 = 6,104$
Втрати теплоти через обмурівку котла	q_5	Із режимної карти	%	3
Сума теплових втрат	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$6,104 + 1 + 3 + 3 = 13,1$
ККД котлоагрегату	η_k	$100 - \sum q$	%	$100 - 13,1 = 86,91$
Коефіцієнт збереження теплоти	ϕ	$1 - q_5 / (\eta_k + q_5)$	–	$1 - 3 / (86,91 + 3) = 0,967$
Паровидатність агрегату	D	Згідно з завданням	кг/с	0,277

Продовження таблиці 3.4

Найменування	Величина		Розмірність	Розрахунок
	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
Температура насиченої пари	$t_{пп}$	по завданню з Н-S діаграми	°C кДж/кг	151,11 2705
Ентальпія насиченої пари	$h_{пп}$			
Температура живильної води	$t_{жв}$	по завданню з таблиць води в стані насичення	°C кДж/кг	50 209,5
Ентальпія живильної води	$h_{жв}$			
Ентальпія котлової води	$h_{кв.}$	з таблиць води в стані насичення	кДж/кг	720,9
Продувка котла	$G_{пр}$	$D \cdot p$	кг/с	$0,277 \cdot 0,05 = 0,01385$
Повна кількість теплоти корисно віддана в агрегаті	$Q_{пг}$	$D \cdot (h_{пп} - h_{жв}) + G_{пр} \cdot (h_{кв} - h_{жв})$	кВт	$0,277 \cdot (2705 - 209,5) + 0,01385 \cdot (720,9 - 209,5) = 698,4$
Повна витрата палива	B	$Q_{пг} / (Q_H \cdot \eta_{пг})$	кг/с	$698,4 / (15825 \times 0,8691) = 0,0507$
Розрахункова витрата палива	B_p	$B(100-Q_4)/100$	кг/с	$0,0507 \cdot (100-3)/100 = 0,047$

$V_T = 2,215 \text{ м}^3$ (з розрахунку топки).

Теплове напруження об'єму топки $q_V = B_p \cdot Q_H^p / V_T = 0,047 \cdot 15825 / 2,215 = 336,8 \text{ (кВт/м}^3\text{)}$.

3.3 Розрахунок топки

3.3.1 Конструктивні характеристики топки

Таблиця 3.5 – Конструктивні характеристики топки

Найменування	Позначення	Розмірність	Стіни топки			Дно	Верх	Сумарна площа
			Фронт	Бокова	Задня			
Сумарна площа стін і вікна топки	$F_{ст}$	m^2	1,45	4,102	1,042 + 0,773	1,47	1,512	10,349
Площа, яка зайнята променесприймальною поверхнею	$F_{пр}$	m^2	0,605	4,102	1,042 + 0,773		1,512	8,034
Зовнішній діаметр екранних труб	d	мм	50	50	50			
Крок екранних труб	s	мм	80	80	80			
Відстань від осі екранних труб до кладки	e	мм	0	0	0			
Відношення	s/d	-	1,57	1,57	1,57			
Відношення	e/d	-	0	0	0			

Продовження таблиці 3.5

Найменування	Позначення	Розмірність	Стіни топки			Дно	Верх	Сумарна площа
			Фронт	Бокові	Задня+вікно			
Кутовий коефіцієнт екранів	χ	-	0,82	0,82	0,82 + 1		1	
Площа променесприймальної поверхні	$H_{пр}$	м ²	0,496	3,36	1,042 + 0,773		1,24	6,911
Коефіцієнт забруднення екранної поверхні	ξ		0,65	0,65	0,65 + 1			

3.3.2 Тепловий розрахунок топки

Таблиця 3.6 – Тепловий розрахунок топки

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Коефіцієнт надлишку повітря	α_T''	Із таблиці 3.1	-	1,5
Присмоктування повітря в топці	$\Delta\alpha_T$	Із таблиці 3.1	-	0,1
Температура гарячого повітря	$t_{гп}$	За попереднім вибором	°С	20
Ентальпія гарячого повітря	$I_{гп}^0$	Із таблиці 3.3	кДж/кг	102,18
Кількість теплоти, яка вноситься в топку з повітрям	$Q_{пов}$	$(\alpha_T'' - \Delta\alpha_T) \cdot I_{г.п.}^0 + \Delta\alpha_T \cdot I_{прс}^0$	кДж/кг	$(1,5 - 0,1) \cdot 102,18 + 0,1 \cdot 102,18 = 153,27$

Продовження таблиці 3.6

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Корисне тепловиділення в топці	Q_T	$Q_n \cdot \frac{100 - q_3 - q_4}{100 - q_4} + Q_{нов}$	кДж/кг	$15825 \cdot (100 - 1 - 3) / (100 - 3) + 153,27 = 15661$
Адіабатна температура горіння	ϑ_a	за I - 9 таблицею	°С К	1440 1713
Температура газів на виході з топки	ϑ_T''	за попереднім вибором	°С	830
Ентальпія газів на виході з топки	I_T''	за I - 9 таблицею	кДж/кг	8363
Променисте теплосприймання топки	$Q_T^{пр}$	$\varphi \cdot (Q_T - I_T'')$	кДж/кг	$0,966 \cdot (15661 - 8363) = 7049$
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	V_{cp}	$\frac{Q_T - I_T''}{\vartheta_a - \vartheta_T''}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$	$(15661 - 8363) / (1446 - 830) = 11,84$
Ефективна товщина випромінювального шару	s	$3,6 \cdot V_T / F_{ст}$	м	$3,6 \cdot 2,215 / 10,349 = 0,77$
Ступінь екранування топки	χ_T	$H_{пр} / F_{ст}$	-	$6,911 / 10,349 = 0,667$
Середній коефіцієнт теплової ефективності екранів	ψ_{cp}	$\Sigma(H_{пр} \cdot \xi) / F_{ст}$	---	$(0,496 \cdot 0,65 + 3,36 \times 0,65 + 1,042 \cdot 0,65 + 1,24 \cdot 0,65) / 10,349 = 0,385$
Сумарна об'ємна частинна трьохатомних газів	r_n	Табл. 3.2	---	0,249
Добуток $p \cdot r_n \cdot s$	$pr_n s$	$p \cdot r_n \cdot s$	м·МПа	$0,1 \cdot 0,249 \cdot 0,77 = 0,0192$
Об'ємна частка водяної пари	r_{H_2O}	Табл. 3.2	---	0,127

Продовження таблиці 3.6

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Коефіцієнт послаблення променів триатомними Газами	K_{Γ}	$K_{\Gamma}^0 \cdot r_n$, $K_{\Gamma}^0 = 8$	1/(м·МПа)	$8 \cdot 0,249 = 1,99$
Критерій Бугера	Bu	$K \cdot p \cdot s$	---	$2,317 \cdot 0,1 \cdot 0,77 = 0,178$
Ефективне значення критерію Бугера	$B\ddot{u}$	$1,61 \ln((1,4 \cdot Bu^2 + Bu + 2) / (1,4 \cdot Bu^2 - Bu + 2))$	---	$1,6 \cdot \ln \cdot \left(\frac{1,4 \cdot 0,178^2 + 0,178 + 2}{1,4 \cdot 0,178^2 - 0,178 + 2} \right) = 0,279$
Температура газів на виході з топки	$\vartheta_{T''}$	Формула [23]	°С	$\frac{1832,2}{1 + 0,454 \cdot 0,229^{0,3}} \cdot \left(\frac{5,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,458 \cdot 10,8 \cdot 1832,2^3}{0,956 \cdot 0,0356 \cdot 15,61} \right)^{0,6} - 273 = 882$
Ентальпія газів на виході з топки	$I_{T''}$	за I – 9 таблицею	кДж/кг	8197
Променисте теплосприйняття топки	$Q_{T}^{пр}$	$\varphi \cdot (Q_{\delta} - z_{\delta}''')$	кДж/кг	$0,966 \cdot (15661 - 8197) = 7210$
Середнє теплове навантаження проминеспріймальної поверхні	$q_{T\delta}^{\ddot{u}}$	$\frac{B_p \cdot Q_{T}^{пр}}{H_{пр}}$	кВт/м ²	$0,047 \cdot 7210 / 6,911 = 49,03$
Розходження променистого теплосприйняття	$\varepsilon(\vartheta_{T''})$	$(\vartheta_{T''} - \vartheta_{T''}) / \vartheta_{T''}$	---	$(830 - 815) / 815 = 0,018$ або 1,8 %

Оскільки розрахункова розбіжність менше 2 %, то температуру газів на виході з топки приймаємо $\vartheta_{T''} = 815$ °С.

3.4 Розрахунок кип'ятильного пучка

3.4.1 Конструктивні характеристики кип'ятильного пучка

Таблиця 3.7 – Конструктивні характеристики кип'ятильного пучка

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Діаметр труб	d	За розмірами	м	0,051
Кількість труб в ряді	Z_1	За розмірами	шт	14
Кількість рядів труб	Z_2	За розмірами	шт	12
Середній крок труб: поперечний, повздовжній	s_1	За розмірами	м	0,080
	s_2		м	0,080
Відносний крок труб: поперечний, повздовжній	σ_1	S_1 / d	-	1,56
	σ_2	S_2 / d	-	1,56
Середня довжина труби	L	За розмірами	м	1,075
Розташування труб у пучку	-	Те ж	-	Коридорне
Площа живого перерізу для проходу газів	F_r	$A_r \cdot B - Z_1 \cdot d \cdot L_1$	м ²	$1,19 \cdot 1,11 - 14 \times 0,050 \cdot 1,075 = 0,438$

3.4.2 Тепловий розрахунок кип'ятильного пучка

Таблиця 3.8 – Тепловий розрахунок кип'ятильного пучка

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Повна площа поверхня нагріву	H	$\pi \cdot d \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot L$	м ²	$3,14 \cdot 0,051 \cdot 1,075 \times 154 = 26,5$
Ефективна товщина випромінювального шару	S	$0,9 \cdot \left(\frac{4 \cdot s_1 \cdot s_2}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \cdot d$	м	$0,9 \cdot 0,051 \cdot (4 \times 0,08 \cdot 0,08 / 3,14 \times (0,051 \cdot 0,051) - 1) = 0,098$
Температура газів перед кип'ятильним пучком	$\vartheta_{\text{кп}}'$	Із розрахунків топки	°C	815
Ентальпія газів перед кип'ятильним пучком	$I_{\text{кп}}'$	Те ж	кДж/кг	8293,8
Температура газів за кип'ятильним пучком	$\vartheta_{\text{кп}}''$	Прийнято попередньо	°C	350
Ентальпія газів за 2-м кип'ятильним пучком	$I_{\text{кп}}''$	Із I – 9 таблиці	кДж/кг	3290,35
Теплосприймання з боку газів	Q_b	$\Phi \cdot (I_{\text{кп}}' - I_{\text{кп}}'' + \Delta\alpha_{\text{прс}} \cdot I_{\text{хп}}^0)$	кДж/кг	$0,966 \cdot (8293,8 - 3290,35 + 0,025 \times 102,18) = 4935,8$
Середня температура газів	$\vartheta_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (\vartheta_{\text{кп}}' + \vartheta_{\text{кп}}'')$	°C	$0,5 \cdot (815 + 350) = 582,5$
Температура кипіння при тиску в барабані	$t_{\text{кип}}$	з табл. води чи пари в стані насичення	°C	170,8
Середня швидкість газів	w_{Γ}	$V_p V_{\Gamma} (v_{\text{ср}} + 273) / (F \cdot 273)$	м/с	$(0,047 \cdot 6,736 \times (273 + 582,5)) / (0,438 \cdot 273) = 2,26$
Середній температурний напір	Δt	$\vartheta_{\text{ср}} - t_{\text{кип}}$	°C	$582,5 - 170,8 = 411,7$
Коефіцієнт тепловіддачі з боку газів	$\alpha_{\text{к}}$	Із номограми $\alpha_{\text{н}} \cdot c_s \cdot c_z \cdot c_{\text{ф}}$ [23]	Вт/(м ² ·К)	$29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 29$

Продовження таблиці 3.8

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Коефіцієнт теплової ефективності	ψ	Із номограми [23]	-	0,65
Коефіцієнт тепловіддачі з боку газів	α_1	Попередньо задаємо	Вт/(м ² ·К)	75
Температура забрудненої стінки	t_3	$t_{cp} + [(1/\alpha_1)/\psi - 1/\alpha_1] \cdot V_p \cdot Q_{кп1} \cdot 10^3 / H$	°С	$170,8 + ((1/75)/0,65 - (1/75)) \cdot 0,047 \cdot 4935,8 \cdot 10^3 / 26,5 = 237,6$
Сумарна поглинаюча здатність	$pr_n s$	$p \cdot r_n \cdot s$	1/(м·МПа)	$0,1 \cdot 0,249 \cdot 0,77 = 0,0192$
Коефіцієнт Послаблення променів триатомними газами	K_Γ	$K_\Gamma^0 \cdot r_n$, $K_\Gamma^0 = 42$ [23]	$\frac{1}{1/(м \cdot МПа)}$	1,99
Критерій Бугера	Bu	$(K_\Gamma + m \cdot K_c) \cdot p \cdot c$	---	0,178
Ступінь чорноти випромінюючого середовища	a	$1 - e^{-Bu}$	---	$1 - e^{-0,178} = 0,162$
Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням	$\alpha_{пр}$	Рис. 5.5 [23] $\alpha_n \cdot c_\Gamma \cdot a$	Вт/(м ² · К)	$55 \cdot 0,95 \cdot 0,162 = 8,46$
Коефіцієнт використання поверхні	ξ	розділ 5 [23]	---	0,95
Коефіцієнт тепловіддачі від газів	α_1	$\xi \cdot (\alpha_k + \alpha_{пр})$	Вт/(м ² · К)	$0,95 \cdot (29 + 8,46) = 35,6$

Продовження таблиці 3.8

Розрахункова величина				Розрахунок
Найменування	Позначення	Формула або спосіб визначення	Розмірність	
Коефіцієнт теплопередачі	K	$\psi \cdot \alpha_1$	Вт/(м ² · К)	$0,65 \cdot 35,6 = 23,14$
Теплосприйняття пучка по рівнянню теплопередачі	Q _п	$K \cdot H \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} / B_p$	кДж/кг	$23,14 \cdot 26,5 \cdot 411,7 \cdot 10^{-3} / 0,047 = 5371,4$
Розходження розрахункових теплосприймаць	ΔQ	$\frac{Q_{п} - Q_{кп}}{Q_{п}} \cdot 100$	%	$((5371,4 - 4935,8) / 5371,4) \cdot 100 = 2,12$

Розбіжність розрахунків з теплосприймання складає менше 2,5%, тому перерахунок не здійснюємо.

3.5 Розрахунок економайзера

3.5.1 Конструктивні характеристики сталевого економайзера

Таблиця 3.9 – Конструктивні характеристики сталевого економайзера

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
Діаметр труб	d	За конструктивними розмірами	мм	21/15
Кількість труб в ряду	Z ₁	—"	шт.	20
Кількість рядів труб	Z ₂	—"	шт.	10
Загальна кількість труб	Z	n ₁ · n ₂	шт.	20 · 10 = 200
Довжина труби	l	—"	м	0,78
Поверхня нагріву економайзера	H	П · d · l · Z	м ²	$3,14 \cdot 0,021 \cdot 0,78 \cdot 200 = 10,3$
Площа перерізу для проходу газів	F _г	—"	м ²	$0,79 \cdot 0,78 - 0,78 \cdot 20 \times 0,021 = 0,28$

Продовження таблиці 3.9

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
Поперечний крок труб	S_1	З креслення	м	0,044
Повздовжній крок труб	S_2	—”—	м	0,040
Розташування труб в пучку	---	За конструкцією	---	шахове
Глибина газового об'єму перед пучком	L_1	Те ж	м	0,5
економайзерного пучка	L_2	Те ж	м	0,65
Площа перерізу для проходу води	F_B	$\pi \cdot d_{\text{дф}}^2 \cdot n_{\text{дф}} \cdot Z_1 / 4$	м ²	$3,14 \cdot 0,000225 \cdot \times 0,78 \cdot 20 / 4 = 0,0027$
Ефективна товщина випромінюючого шару	S	$0,9 \cdot \left(\frac{4 \cdot s_1 \cdot s_2}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \cdot d$	м	$0,9 \cdot 0,021 \cdot (4 \cdot \times 2,1 \cdot 1,9 / / 3,14 - 1) = 0,1$
Температура газів на вході	ϑ'	з розрахунку кип. пучка	°С	350
Ентальпія газів на вході	J'	з розрахунку кип'ятильного пучка	кДж/кг	3290,35
Витрата води в економайзері	$D_{\text{ек}}$	$D + G_{\text{пр}}$	кг/с	$0,277 + 0,0138 = 0,2909$
Температура води на вході	$t_{\text{жв}}$	Згідно із завданням	°С	50
Ентальпія води на вході	h	$t'_{\text{жв}} \cdot C_{\text{рв}}$	кДж/кг	$4,19 \cdot 50 = 209,5$

3.5.2 Тепловий розрахунок економайзера

Таблиця 3.10 – Тепловий розрахунок економайзера

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
Ентальпія води на виході	h'	$\left[\frac{(D \cdot h_{нт} + G_{пр} \cdot h_{кв}) - (Q_T^{пр} + Q_{п}) \cdot B_p}{D_{ек}} \right]$	кДж/кг	$((0,277 \cdot 2800 + 0,0138 \cdot 720,9) - (7210 + 5371,4) \cdot 0,047) / 0,2909 = 667,6$
Температура води на виході	t'	Табл. теплоф. властивостей води у стані насичення	°C	170,4
Тепло сприймання економайзера	$Q_б$	$D_{ек} \cdot (h'' - h_{жв}) / B_p$	кДж/кг	$0,2909 \cdot (458,4 - 209,5) / 0,047 = 1540,4$
Ентальпія газів на виході з економайзера	J''	$I_{ек}^p - Q_б / \varphi + \Delta \alpha_{прс} \cdot I_{хп}^0$	кДж/кг	$3832,42 - 1540,4 / 0,966 + 0,1 \cdot 102,18 = 2049,3$
Температура газів за економайзером	$\vartheta_{ек}$	за I – 9 таблицею	°C	170
Середня температура газів	$\vartheta_{ср}$	$0,5(\vartheta' + \vartheta'')$	°C	$0,5 \cdot (350 + 170) = 260$
Середня температура води	$t_{ср}$	$0,5 \cdot (t_{жв} + t_{жв})$	°C	$0,5 \cdot (50 + 170,4) = 110,2$
Середня швидкість газів	$W_{г}$	$B_p V_{г} T_{ср,г} / (F_{г} \cdot 273)$	м/с	$(0,047 \cdot 7,191 \times (273 + 260)) / (0,28 \times 273) = 2,36$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією	$\alpha_{к}$	Рис. 5.3 [23] $\alpha_H \cdot c_z \cdot c_3 \cdot c_{ф}$	Вт/м ² К	$54,5 \cdot 1 \cdot 0,975 \times 1,08 = 57,4$
Коефіцієнт теплової ефективності	Ψ	табл. 5.1 [23]	-	0,85
Питомий об'єм води для середньої температури	$V_{в}$	Із таблиці води в стані насичення	м ³ / кг	0,00106

Продовження таблиці 3.10

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
Середня швидкість води	W_B	$D_{ек} \cdot V_b / F_b$	м/с	$0,2909 \cdot 0,00106 / 0,0027 = 0,15$
Коефіцієнт тепловіддачі від газів	α_1	Попередньо задано	Вт/м ² К	75
Температура забрудненої стінки	t_3	$t_{ch} + \left[\frac{1}{\alpha_1} / \Psi - 1 / \alpha_1 \right] \cdot V_p \cdot Q_6 \cdot 10^3 / H$	°С	$110,2 + ((1/75) / 0,85 - 1/75) \times \times 0,047 \cdot 1540,4 \cdot \times 10^3 / 10,3 = 117$
Сумарна поглинальна здатність	$pr_n s$	$p \cdot r_n \cdot s$	1/м ·МПа	$0,11 \cdot 0,235 \times \times 0,08 = 0,002$
Коефіцієнт ослаблення променів триатомними газами	K_Γ	$K_\Gamma^0 \cdot r_n$, $K_\Gamma^0 = 52$ (рис. 4.3) [23]	1/м ·МПа	$52 \cdot 0,235 = 12,2$
Коефіцієнт ослаблення променів частинками сажі	K_c	$1,2 \cdot (C^p/H^p)^{0,4} \cdot (1,6 \cdot 10^{-3} \cdot (\vartheta_{cp} + 273) - 0,5) / (1 + \alpha_{ек}''^2)$	1/м ·МПа	$1,2 \cdot 1,86^{0,4} \times \times (1,6 \cdot 10^{-3} \times \times (215 + 273) - 0,5) / (1 + 1,26^2) = 0,3$
Коефіцієнт заповнення полум'ям	m	Формула (4.17) [23]	---	0,1
Коефіцієнт ослаблення променів	K	$K_\Gamma + m \cdot K_c$	1/м ·МПа	$12,2 + 0,1 \cdot 0,3 = 12,23$
Критерій Бугера	Bu	$K \cdot p \cdot s$	---	$12,23 \cdot 0,1 \cdot 0,08 = 0,108$
Міра чорноти випромінювального середовища	a	$1 - e^{-Bu}$		$1 - 0,89 = 0,11$

Продовження таблиці 3.10

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
Коефіцієнт тепловіддачі випромінювання	$\alpha_{\text{пр}}$	Рис. 5.5 $\alpha_{\text{н}} \cdot c_{\text{г}} \cdot a$	Вт/м ² К	$27 \cdot 0,98 \cdot 0,11 = 2,94$
Коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням випромінювання об'єму	α'	$\alpha_{\text{пр}} \left[\frac{1 + A_* \cdot (T' \cdot 10^{-3})^{0,25}}{1_*^{0,07}} \right]$	Вт/м ² К	$2,94 \cdot \left[\frac{1 + 0,3 \cdot (623 \cdot 10^{-3})^{0,25}}{(0,5/0,65)^{0,07}} \right] = 3,7$
Коефіцієнт використання поверхні нагріву	ξ	формула 5.10 [23]	-	0,95
Сумарний коефіцієнт	α_1	$\xi \cdot (\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{пр}})$	Вт/м ² К	$0,95 \cdot (56,4 + 3,7) = 57,1$
Коефіцієнт теплопередачі	K	$\Psi \cdot \alpha_1$	Вт/м ² К	$0,85 \cdot 57,1 = 48,5$
- більша	$\Delta t_{\text{б}}$	$\vartheta' - t''$	°С	$350 - 170,4 = 179,6$
- менша	$\Delta t_{\text{м}}$	$\vartheta'' - t'$	°С	$170 - 50 = 120$
Температурний напір	Δt	$\frac{(\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}})}{\ln \Delta t_{\text{б}} / \Delta t_{\text{м}}}$	°С	$(179,6 - 120) / \ln(179,6/120) = 147,8$
Теплосприймання економайзера	$Q_{\text{е}}$	$(K \cdot H \cdot \Delta t) / (B_{\text{р}} \cdot 10^3)$	кДж/кг	$(48,5 \cdot 10,3 \cdot 147,8) / (0,047 \cdot 1000) = 1570,9$
Розбіжність розрахунків	ΔQ	$(Q_{\text{г}} - Q_{\text{кп}}) / Q_{\text{г}}$	%	$100 \cdot (1570,9 - 1436,6) / 1570,9 = 1,9\%$

Оскільки розрахункова розбіжність менша 2,5 %, то перерахунок не виконуємо, а температуру газів на виході з економайзера приймаємо $\vartheta_{\text{е}}'' = 170$ °С.

3.5.3 Відхил теплового балансу

Таблиця 3.11 – Відхил теплового балансу

Назва величини	Позн.	Формула або метод знаходження	Один. вим.	Розрахунок та результат розрахунку
Сприйнята Теплота	Q	$(Q_{\Gamma}^{np} + Q_{\text{Б}}^{кп} + Q_{\text{Б}}^{ек})$	кДж/кг	$7210 + 5371,4 + 1570,9 = 14152$
Відхил балансу	$\delta(Q)$	$\left[\frac{Q_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{нр}} - \Sigma Q \cdot (1 - q_4 / 100)}{Q_{\text{н}}} \right]$	%	$\left[\frac{15825 \cdot 0,8691 - 14152 \cdot (1 - 3/100)}{15825} = 0,036 = 3,6 \right]$

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛІВ

4.1 Загальна характеристика об'єкта, який підлягає монтажу

Для очищення відхідних газів після парогенераторів Е-1-0,9Г [24], що переведені на спалювання відходів деревини модернізацією передбачається встановлення циклонів. Обладнання встановлюється в котельні, що виробляє теплоту для ТОВ «АВІС» у м. Вінниця.

Система очищення відхідних газів МЦ 400 – стандартний циклон, що являє собою відцентровий пиловловлювач, який затримує зважені частинки і механічні домішки, що утворені у процесі горіння палива [25].

Потік запилених відхідних газів від парогенераторів поступає в циклон. В циклоні формується рух потоку газу по спіралі у кільцевому просторі, що спрямований донизу, до конічної частини апарату. Після чого очищений газ піднімається по внутрішній трубі догори і виходить через вихідний патрубков до димососа, а далі у димову трубу. Недопалені частинки осідають у бункері циклона.

Габаритні розміри циклона: довжина 1158 мм, ширина 1090 мм, висота 2646 мм. Ефективність очищення газів складає до 85...98 %. Маса комплекту 260 кг.

Рух відхідних газів через циклон у димову трубу організовується за допомогою димососів Д-3,5М з наступними характеристиками: частота обертів 100 об./хв., тиск 340 – 300 Па, продуктивність 1,5 – 4,1 тис. м³/год, робоча температура не більше 200 °С, маса 86 кг [26].

Димосос Д-3,5М за принципом дії – відцентровий апарат одностороннього всмоктування, що має діаметр робочого колеса 355 мм і 20 загнутих вперед лопаток. Апарат призначений для відведення димових газів від парових та водогрійних котельних агрегатів, в системах пиловловлення, аспірації та інших санітарно-виробничих потреб

Транспортування відхідних газів виконується газоходами із корозійностійкої сталі класу П товщиною 0,6 мм. Димова труба виготовлена із труби

димохідної утепленої з нержавіючого матеріалу (AISI(201/201)) Ø 700/760 товщина стінки 0,8 мм, довжина секції 1000 мм, виробник Versia-Lux.

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

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

Таблиця 4.1 – Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Основні матеріали					
1	Циклон МЦ 400	шт.	2	260	520
2	Димосос Д-3,5М	шт.	2	86	324
3	Шибер 450×550 мм	шт.	2	5,1	10,2
4	Перехід 795×230 / 450×550 мм, L = 0.35 м, b = 0,6 мм (0,7088м ²)	шт.	2	3,32	6,64
5	Напіввідвід 450х550 мм (0,83 м ²)	шт.	4	3,88	15,52
6	Перехід 450×550 / 156×666 мм, L = 0,35 м, b = 0,6 мм (0,6377м ²)	шт.	2	2,98	5,97
7	Газохід 450×550 мм, L = 0,988 м, b = 0,6 мм (1,976 м ²)	шт.	2	9,25	18,5
8	Газохід 450×550 мм, L = 1 м, b = 0,6 мм (2 м ²)	шт.	2	9,36	18,72
9	Перехід 446×281 / 360×360 мм, L = 0,35 м, b = 0,6 мм (0,5065м ²)	шт.	2	4,74	9,48
10	Відведення 90°, 360×360 мм, b = 0,6 мм (0,8424 м ²)	шт.	4+4	3,94	31,52
11	Перехід 360×360 / Ø315 мм, L = 0.35 м, b = 0,6 мм (0,53 м ²)	шт.	2	2,48	4,96
12	Газохід 360×360 мм, L = 0,635 м, b = 0,6 мм (0,9144 м ²)	шт.	2	4,28	8,56
13	Газохід 360×360 мм, L = 1 м, b = 0,6 мм (1,44 м ²)	шт.	2+3+2 +1+1	6,74	57,6
14	Газохід 360×360 мм, L = 0,5 м, b = 0,6 мм (0,72 м ²)	шт.	4+1+1	3,37	20,22
15	Газохід 360×360 мм, L = 0,85 м, b = 0,6 мм (1,224м ²)	шт.	1	5,73	5,73

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
16	Газохід 360×360 мм, L = 0,25 м, b = 0,6 мм (0,36 м ²)	шт.	1	1,68	1,68
17	Перехід 250×250 / 360×360 мм, L = 0,35 м, b = 0,6 мм (0,427м ²)	шт.	2	2	4
18	Труба димохідна утеплена з нержавійки Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм Versia-Lux	шт	18	43,7	851,4
19	Трійник 87° утеплений з нержавійки Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм Versia-Lux	шт	2	47,03	94,06
20	Щогла для димохода Н = 20 м	шт	1	397	397
				Σ=	2423,76

Таблиця 4.2 – Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Допоміжні матеріали					
для монтажу циклонів [27]					
1	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,2	2,2	0,44
2	Оліфа комбінована К-3	т	0,2	0,00001	0,002
3	Каболка	т	0,2	0,00001	0,002
4	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,2	0,001	0,2
5	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,2	0,0002	0,04
6	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,2	0,00002	0,004
для монтажу димососів [28]					
7	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	2	0,00011	0,22
8	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	2	0,02	40
9	Порошок графітовий	кг	2	0,8	1,6
для монтажу газоходів 450х550 мм [29]					
10	Стрічка поліетиленова з липким шаром, марка А	кг	0,14	1,58	0,22

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
11	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,14	0,00039	0,055
12	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,14	0,011	1,54
13	Скlostрічка липка ізоляційна на полікасиновому компаунді, марка ЛСЭПЛ, ширина 20-30 мм, товщина від 0,14 до 0,19 мм	кг	0,14	8,2	1,148
для монтажу газоходів 360x360 мм [29]					
14	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,304	0,00039	0,119
15	Стрічка поліетиленова з липким шаром, марка А	кг	0,304	1,71	0,52
17	Скlostрічка липка ізоляційна на полікасиновому компаунді, марка ЛСЭПЛ, ширина 20-30 мм, товщина від 0,14 до 0,19 мм	кг	0,304	9,69	2,946
16	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,304	0,011	3,344
для монтажу шиберів 450x550 мм [29]					
18	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	2	0,0002	0,4
19	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	2	0,764	1,528
20	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	2	0,0002	0,4
для монтажу димової труби [30]					
21	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 10 мм	т	1,342	0,00253	3,395
22	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8x60 мм	т	1,342	0,00001	0,013
23	Канати пенькові просочені	т	1,342	0,0001	0,134
24	Розчинник для лакофарбових виробів N 649	т	1,342	0,00006	0,08
25	Електроди, діаметр 8 мм, марка Э46	т	1,342	0,0207	27,78
26	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,35 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, II гатунок	м3	1,342	0,001	0,671
27	Шпали просочені для залізниці широкої колеї, обрізні і необрізні хвойні, тип II	шт	1,342* 0,08	80	8,59
28	Окремі конструктивні елементи з конколистової сталі до 0,5 т	т	1,342	0,0105	14,09

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
29	Грунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	1,342	0,00031	0,416
				Σ=	109,897

Маса основного обладнання і матеріалів – 2423,76 кг.

Маса допоміжних матеріалів – 109,897 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 2423,76 + 109,897 + 1520,55 = 4054,21 \text{ (кг)}.$$

4.3 Визначення складу і об'ємів робіт

4.3.1 Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання газоходів.
3. Монтаж циклонів МЦ 400.
4. Монтаж димососів Д-3,5М.
5. Прокладання газоходів і фасонних частин 450x550 мм.
6. Монтаж прямокутних шиберів 450x550 мм.
7. Прокладання газоходів і фасонних частин 360x360 мм.
8. Димової труби і щогли до неї.
9. Випробування газоходів.
10. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
11. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.3.2 Об'єми робіт [27 – 30]

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей 4054,21 кг (4,054 т). Приймаємо об'єм $V = 4,054$.

2. Розмітка місць прокладання газоходів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі газоходів складає $L = 29,6$ м. Приймаємо $V = 0,296$.

3. Монтаж циклонів МЦ 400. Одиниці вимірювання – 10 штук. У схемі установки очищення газу встановлюється 2 циклони. Отже, приймаємо $V = 0,2$.

4. Монтаж димососів Д 3,5М. Одиниці вимірювання – 1 штука. У схемі установки очищення газу встановлюється 2 димососи. Отже, приймаємо $V = 2$.
5. Прокладання газоходів і фасонних частин 450x550 мм. Одиниця вимірювання – 100 м². У системі очищення газів монтується 13,97 м² газоходів і фасонних частин даного поперечного перерізу. Приймаємо $V = 0,14$.
6. Монтаж прямокутних шибєрів 450x550 мм. Одиниця вимірювання – 1 шт. У даній схемі монтується 2 прямокутних шибєри 450x550 мм. Приймаємо $V = 2$.
7. Прокладання газоходів і фасонних частин 360x360 мм. Одиниця вимірювання – 100 м². У системі очищення газів монтується 3036 м² газоходів і фасонних частин даного поперечного перерізу. Приймаємо $V = 0,304$.
8. Димової труби і щогли до неї. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей 1342 кг (1,342 т). Приймаємо об'єм $V = 1,342$.
9. Випробування газоходів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі газоходів складає $L = 29,6$ м. Приймаємо $V = 0,296$.
10. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів і газоходів складає $L = 29,6$ м. Приймаємо $V = 0,296$.
11. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 1520,55 кг (1,52 т). Приймаємо об'єм $V = 1,52$.

4.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань для монтажних робіт

Обладнання для очищення димових газів та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем FAW CA 1061. Технічні характеристики автомашини показані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини FAW CA 1061 [31]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Колісна база	мм	0
Вантажопідйомність	кг	4500
Габарити: Довжина Ширина Висота	мм	7630 2200 2325
Об'єм паливного баку	л	130
Витрата пального	л/100 км	13,8
Повна маса	кг	8635

Для зварювання використовується зварювальний інверторний напівавтомат Jasic ARC-200 з технічними характеристиками [32]:

- максимальна споживана потужність, кВА – 9,7;
- номінальний робочий струм, А – 200
- напруга холостого ходу, В – 62;
- діаметр електродів, мм – 1,0 – 5,0;
- ККД, % - 85;
- маса – 5,8 кг.

Для монтажу газоходів використовуємо ножичний підйомник GS 1932 з характеристиками [33]:

- довжина підйомної платформи – 2,54 м;
- ширина підйомної платформи – 810 мм;
- максимальна висота підйому – 7800 мм;
- максимальна вантажопідйомність – 227 кг;
- вага – 1503 кг.

Для підйому димососів і циклонів, елементів димової труби використовуємо автокран КС-45729А-С-02. Його характеристики вказані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики автокрані КС-45729А-С-02 [34]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	16
Висота підйому	м	20,4
Кількість секцій стріли		3
Вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли 20,75 м	т	0,6
Швидкість пересування	км/год	60
Габаритні розміри у транспортному положенні		
довжина	мм	10700
ширина	мм	2550
висота	мм	3900

Таблиця 4.5 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [35]

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк., шт.	Заг. маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній М17х19 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
М19х22 мм		6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуто питання охорони праці під час модернізації парової котельні. Аварії будівельних машин і механізмів, електричного інструменту, що використовуються в процесі будівельно-монтажних робіт, а також невиконання правил по їхній безпечній експлуатації можуть призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю людей, через небезпеку падінь з висоти, поранень, опіку, уражень електричним струмом тощо.

Отже, на персонал, що здійснює монтаж обладнання парової котельні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [36, 37].

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

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

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу обладнання парової котельні робітники повинні дотримуватися правил охорони праці в будівництві [38], відповідно до яких потрібно

перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються.

Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання. Піднімання робітників по навісних драбинах на висоту більше ніж 10 м допускається лише у разі їх обладнання площадками для відпочинку не менше ніж через кожних 10 м по висоті.

Розтяжки для тимчасового закріплення конструкцій, що монтуються, необхідно прикріпити до надійних опор. Кількість розчалювань, їх матеріал і перетин, способи натягування і місця закріплення визначаються у ПВР. Розтяжки необхідно розташовувати за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин; вони не повинні мати дотику до гострих кутів інших конструкцій. Перегин розтяжок у місцях дотику їх до інших конструкцій допускається

лише після перевірки міцності та стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалування.

Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтується, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка засобу, що захоплює вантаж, перевищує 2 м.

До початку виконання монтажних робіт необхідно визначити порядок обміну умовними сигналами між особою, яка керує монтажем, та машиністом (мотористом) крана. Усі сигнали подаються лише однією особою (бригадиром монтажної бригади, ланковим, такелажником- стропальником). Лише сигнал «Стоп» може подати будь-який робітник, який помітив небезпеку.

Якщо конструкція, що монтується, знаходиться за межами поля зору машиніста крана, між ним та монтажниками повинен бути забезпечений надійний зв'язок. Якщо такої можливості немає, призначаються проміжні сигнальніки з числа стропальників (такелажників).

В особливо відповідальних випадках (у разі піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методу повороту, під час насування великогабаритних і важких конструкцій; під час піднімання їх двома механізмами чи більше тощо) сигнали повинен подавати тільки керівник робіт.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Очищення елементів конструкцій, що підлягають монтажу, від бруду і льоду необхідно робити до їх піднімання. Елементи, що підлягають монтажу,

необхідно піднімати плавно, без ривків, розгойдування та обертання. Піднімання вантажу (примерзлого, частково засипаного ґрунтом, сміттям, з'єднаного з елементами інших конструкцій тощо), який перевищує вантажопідйомність монтажного крана, заборонено. Піднімати конструкції необхідно в два етапи: спочатку на висоту 20-30 см, потім, після перевірки надійності стропування та монтажних петель, здійснювати подальше піднімання.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність. Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможлиблює видимість у межах фронту робіт.

5.1.2 Електробезпека

Живлення технологічного обладнання та системи освітлення твердопаливної водогрійної котельної здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирипровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [39, 40] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з нормативними документами, в яких визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [41]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 5.1. Робота з монтажу обладнання твердопаливної водогрійної котельної відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [41].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і

знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [41] наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [42]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянцях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

5.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [43] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

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

5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу обладнання твердопаливної водогрійної котельної джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, голо-

вний біль, підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [44] і наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [45] і наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

5.3 Пожежна безпека

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

Отже, приміщення, де встановлене обладнання парової котельні, за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо, з зонами П-Ш (місця за межами цього приміщення, де зберігаються тверді горючі речовини).

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

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвили-нах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [50] наведено в таблиці 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [50] наведено в таблиці 5.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 6.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник) [50].

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	переkritтя міжповерхові (у т.ч. горішні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території котельної встановлено 2 газових вогнегасника ВВК-7 і 3 порошкових вогнегасника ВВП-5 (ВП-5) [51].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі запропоновані технічні рішення щодо модернізації парової котельні ТОВ «АВІС», яка забезпечує парою промислових споживачів. В котельні встановлено два парових котли Е-1.0-0.9 та один парогенератор FERROLI Varoprex HVP 2000, що працюють на природному газі, обладнання для хімоводоочистки, живильні та конденсаційні насоси.

Визначено потужність парогенераторів – $Q_{\text{пр}} = 1,423$ МВт, витрату робочого палива – $V_p = 0,046$ м³/с, витрату умовного палива – $V_y = 0,054$ кг/с, а також електричну потужність власних потреб котельні, яка становить 6,37 кВт. Розрахунками встановлено, що собівартість виробленої теплової енергії котельнею на природному газі – 1280,7 грн/ГДж.

Виконано варіантний аналіз видів палива для котлів. Розглянуті варіанти роботи парової котельні на природному газі, паливній трісці, соняшниковому лушпинні, вугіллі. За результатами розрахунків встановлено, що найменша собівартість виробництва теплової енергії в разі реконструкції парових котлів Е-1,0-0,9 з встановленням передтопка для спалювання соняшникового лушпиння та деревної тріски. Собівартість вироблення теплової енергії становить 248,25 грн/ГДж і 293,84 (грн/ГДж) відповідно.

Виконано перевірний розрахунок парогенератора Е-1/9, який працює на відходах деревини. Визначено, що витрата палива становить 0,047 кг/с, температура відхідних газів – 230 °С, ККД котла 86,91 %.

Для зменшення шкідливого впливу котельні на довкілля підібрано два циклони типу МЦ 400 з ефективністю первинного очищення відхідних газів котлів від високодисперсної золи 85 ...98 %.

Розроблено монтажну схему системи очищення відхідних газів котлів з використанням циклонів МЦ 400 на котельні ТОВ «АВІС». Розроблено монтажну схему обладнання з очищення відхідних газів. Розраховано видатність та підібрано два димососи Д-3,5М для видалення відхідних газів із парогенераторів.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, які необхідні для монтажу циклонів, нагнітального обладнання із трубопроводами і димової труби. Маса основного обладнання і матеріалів становить 2423,76 кг, а допоміжного обладнання – 109,9 кг.

Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашина FAW CA 1061, для зварювання використовується інверторний напівавтомат Jasic ARC-200, для монтажу газоходів використовуємо ножичний підйомник GS 1932, для підйому димососів і циклонів, елементів димової труби використовуємо автокран КС-45729А-С-02. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 1520,55 кг.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Парові котли на лушпинні соняшнику, лушпинні, тирсі. URL: <https://uadepe.ru/interier/12602-parovi-kotli-na-lushpinni-sonjashniku-lushpinni.html> (дата звернення 25.03.2023).
2. ТЕЦ і котельні на біопаливі. URL: <https://aktivfarm.com.ua/article/view/kotelni-na-biopalivi-pid-klyuch/> (дата звернення 25.03.2023).
3. Гелетуха Г.Г. 8 кроків для відмови України від російського газу. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/5/685222/> (дата звернення 25.03.2023).
4. Ставчук І.О. Як ЄС та Україні відмовитися від російського газу та нафти – місяч здійснення. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/03/28/684810/> (дата звернення 25.03.2023).
5. Скраплений газ як альтернатива природному газу. Основні правила використання. URL: https://www.mdi.org.ua/images/2022/statia3_25.08.22.pdf. (дата звернення 25.03.2023).
6. ІВК Енергія. URL: <http://www.energiya.com.ua/novyny-voiennoho-chasu/> (дата звернення 27.03.2023).
7. Передтопки (камери спалювання). URL: <https://tekom-zavod.com.ua/ua/g72740095-predtopki-kamery-szhiganiya> (дата звернення 27.03.2023).
8. Передтопок ПСО-0,7 до котла Е-1.0-0.9 (тирса, лушпиння, пелети та ін). URL: <https://tekom-zavod.com.ua/ua/p1020474608-predtopok-pso-kotlu.html> (дата звернення 27.03.2023).
9. Парові котли серії «Е». URL: <https://www.teploterm.com/kotli-parovie-kotli-vodogreinie/kotli-parovie.html?id=129>. (дата звернення 28.03.2023).
10. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
11. Вентилятор ВД-2,7. URL: <https://systemax.ua/ua/ventilyatory/ventiljatori-dutja/vd/vd-2-7.html> (дата звернення 29.08.2022).
12. Димосос Д-3,5. URL: <https://systemax.ua/ua/ventilyatory/dimososi/d-m/d-3-5m.html> (дата звернення 29.08.2022).

13. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
14. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2009. 118 с.
15. Ціни на газ для установ та організацій, що фінансуються з державного та місцевих бюджетів. URL: <https://gazpostach.od.ua/dlya-ustanov-ta-organizacij-shho-finansuyutsya-z-derzhavnogo-ta-miscevih-byudzhetiv/> (дата звернення: 11.05.2023).
16. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovishtarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozhivachiv> (дата звернення: 11.05.2023).
17. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://vinvk.com.ua/tarif-posluga/297-tarif-diuchiy> (дата звернення: 11.05.2023).
18. Питома теплота згорання. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F (дата звернення: 30.05.2023).
19. Чепурний М.М., Степанов Д. В., Корженко Є.С. Теплові розрахунки парогенераторів : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 155 с.
20. Тріска паливна. URL: <https://flagma.ua/uk/prodam-palivnu-shchepu-o13406898.html> (дата звернення 10.01.2023).
21. Ціна вугілля. URL: https://ibud.ua/ua/r56-vinnitsa/p2392175-c2102-ugol-marki-dg-13-100-mm?advId=D-qZmYQBhqQDBplB5KhS_12047478&block=3&location=2&position=4&statCategoryId=2102&element=1 (дата звернення 10.01.2023).
22. Системи очищення димових газів КЗОТ Циклон МЦ. URL: <https://kzot.pp.ua/kotly/sistemy-ochistki-dymovyh-gazov-kzot-tsiklon-mts> (дата звернення 30.05.2023).

23. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.
24. Паровий котел Е 1.0-0.9. URL: <https://teplolider.ua/uk/produksiya/parovikotly/parovikotly-serii-e/kotly-e-10-09.html> . (дата звернення 01.06.2023).
25. Циклони. URL: <https://a-energy.ua/ua/product/tsyklony> . (дата звернення 01.06.2023).
26. Димосос Д-3,5М 1,5 кВт 1000 об/хв. URL: https://www.vent.com.ua/dymosos-d-35-m-ehldv-1_5-1000/ . (дата звернення: 01.06.2023).
27. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – Київ: Держстандарт України, 2000. – 106 с.
28. ДБН Д.2.3-7-99. Компресорні установки, насоси, вентилятори. [Чинний від 2000-01-01]. – Київ : Госстрой України, 2000. – 42 с.
29. ДБН Д.2.2-20-99. Вентиляція і кондиціонування повітря. [Чинний від 2000-01-01]. – Київ : Госстрой України, 2000. – 70 с.
30. ДБН Д.2.2-9-99. Збірник 9. Металеві конструкції. – Київ: Держстандарт України, 2000. – 22 с.
31. Бортовий автомобіль FAW CA 1061. URL: <https://efitrans.com.ua/catalog/avtopark/bortovye-avtomobili/2005/> (дата звернення 05.06.2023).
32. Зварювальний інвертор ARC-200 (Z244) + маска Jasic JS-L200HS. URL: <https://jasic.ua/ua/product/arc-200-z224-21> . (дата звернення: 05.06.2023).
33. Ножичні підйомники. URL: <https://cutt.ly/EwrhlCeS> (дата звернення: 05.06.2023).
34. Автокран КС-45729А-С-02. URL: <https://alfateks.com.ua/katalog-tehniki/maz-uk/avtokran-ks-45729a-c-02/>. (дата звернення: 05.06.2023).
35. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 05.06.2023).
36. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

37. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

38. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

39. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

40. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

41. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

42. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

43. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

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

45. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

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

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

48. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

49. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

50. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

51. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю «АВІС»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichesk

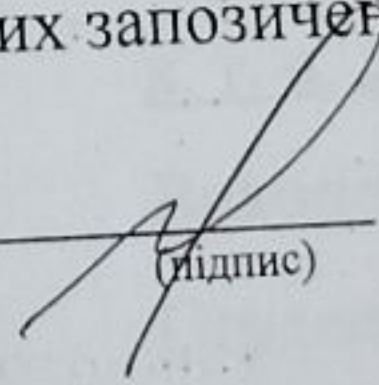
Оригінальність 85,9% Схожість 14,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

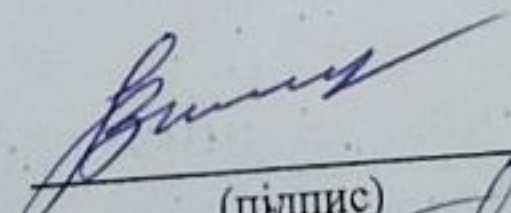
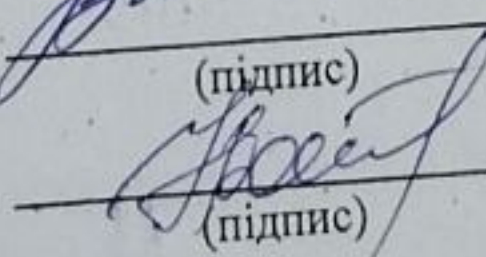
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи

Керівник роботи

 (підпис)
 (підпис)

Чорний В.О.
(прізвище, ініціали)

Резидент Н.В.
(прізвище, ініціали)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. Завідувача кафедри ТЕ
к.т.н., доц. Д.В. Степанов
(підпис)
2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу на тему:

«Модернізація парової котельні
товариства з обмеженою відповідальністю «АВІС»

08-15.БДР.012.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к. т. н. доц.. Резидент Н. В.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-21 мс

Чорний В. О.

1 Найменування і область використання продукції

Розробка стосується промислової теплоенергетики і модернізації парової котельні ТОВ «АВІС», яка дозволить підвищити ефективність виробництва теплоти, зменшити шкідливі викиди котельні в навколишнє середовище.

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 67 від «20» березня 2023 року.

3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу альтернативними джерелами енергії зокрема відновлюваними, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом реконструкції котлів на спалювання біомаси зі встановленням системи очищення відхідних газів.

4 Джерела розробки

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

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

2. Державні будівельні норми України: [сайт]. Режим доступу: <http://dbn.at.ua/index/0-4>

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

4. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.

5 Технічні вимоги

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

5.1.1 Витрата пари на промислові споживачі 1.....0,6 т/год

5.1.2 Витрата пари на промислові споживачі 2.....1,3 т/год

5.1.3 Тиск пари для промислових споживачів 1.....0,4 МПа

5.1.4 Температура пари для промислових споживачів 1.....143 °С

5.1.5 Тиск пари для промислових споживачів 2.....0,8 МПа

5.1.6 Температура пари для промислових споживачів 2.....170 °С

5.1.7 Температура зворотного конденсату..... 45 °С

5.1.8 Температура води після хімводоочистки.....10 °С

5.1.9 Температура води після підігрівника додаткової води.....50 °С

5.1.10 Частка повернення конденсату від промислових споживачів.....0,7

5.2 Використання для джерела енергопостачання відновлюваного місцевого виду палива.

Паливо:

- природний газ;
- лушпиння соняшника, інші види відновлюваного палива.

5.3 Забезпечення зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

5.4 Заміщення природного газу.

6. Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення котельні на альтернативні природному газу види палива, визначивши річні витрати палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

8 Вимоги з надійності

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

9 Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд джерел інформації щодо заміщення викопних видів палива в котельнях	22.03.23...02.04.23	
2	Аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою. Обґрунтування вибраного варіанту модернізації.	03.04.23...21.04.23	
3	Конструктивна частина	22.04.23...09.05.23	
4	Технологічна частина	10.05.23...24.05.23	
5	Охорона праці	25.05.23...01.06.23	
6	Оформлення БДР	02.06.23...09.06.23	
7	Попередній захист БДР	10.06.20...13.06.23	
8	Захист БДР	14.06.23...22.06.23	

Дата видачі завдання «__» _____ 2023 р.

Крайні терміни виконання «__» _____ 2023 р.

10 Порядок контролю та приймання

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

11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

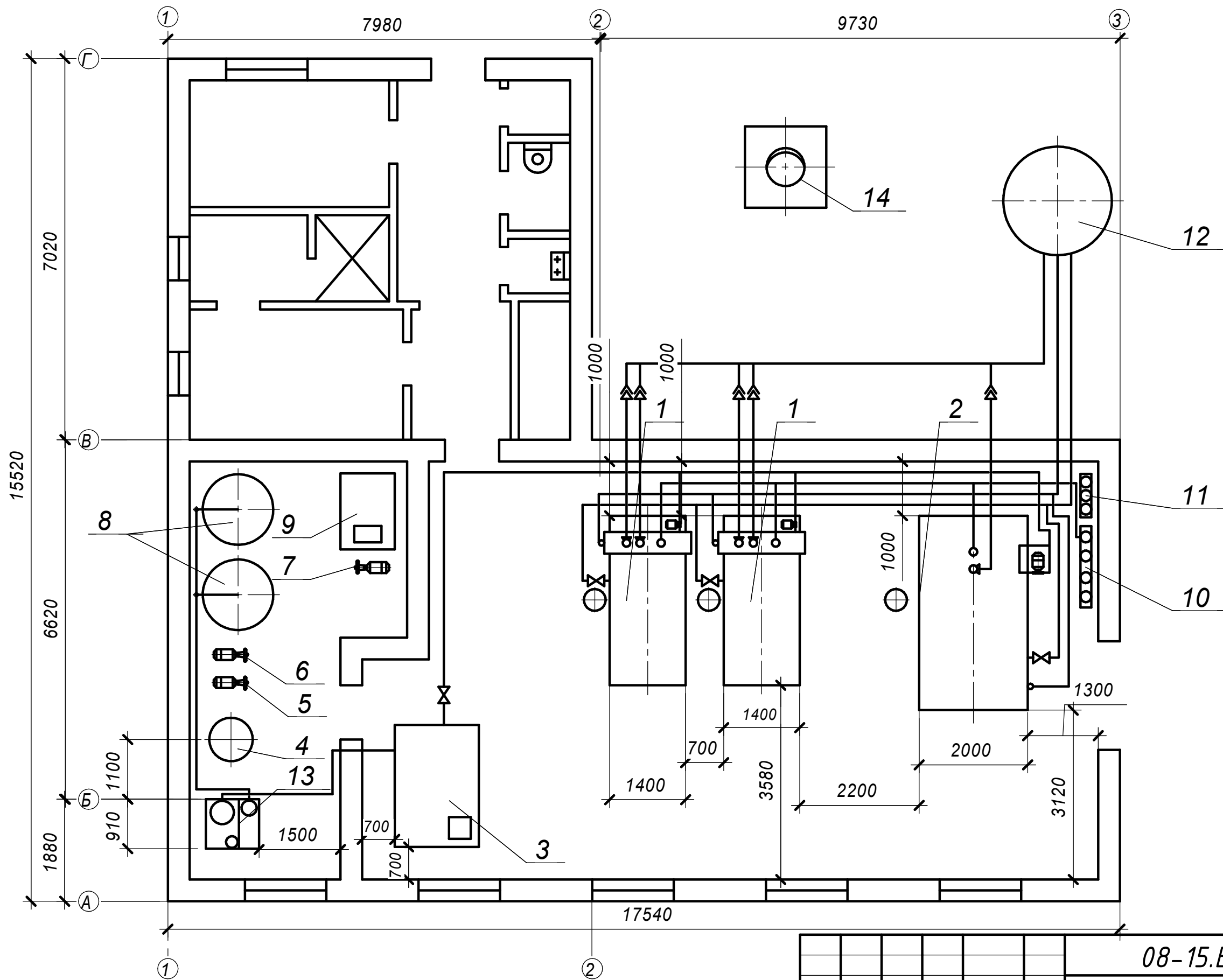
Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

«МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АВІС»

Согласовано

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №



Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата
Розробив	Чорний В.О.				
Перевірів	Резидент Н.В.				
Рецензент	Попович М.М.				
Т. контр.	Резидент Н.В.				
Н. контр.	Співак О.Ю.				
Затв.	Степанов Д.В.				

08-15.БДР.012.01.00.000 АР

м. Вінниця

Модернізація парової котельні ТОВ "АВІС"

Стадія	Лист	Листов

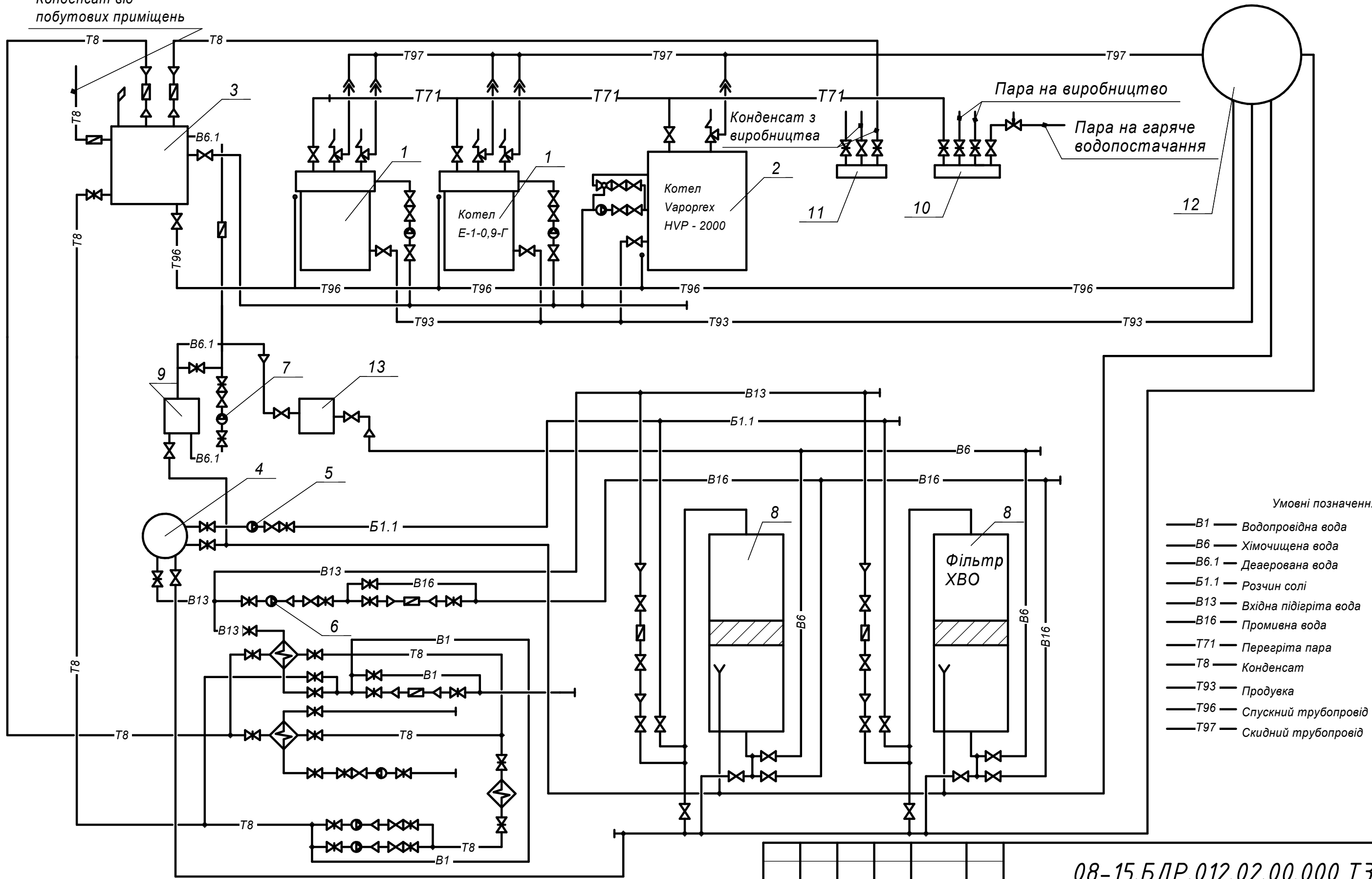
План котельні на відм. 0.000

ВНТУ, гр. ТЕ-21мс

Формат А3

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Пере. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
1	Котел паровий E-1,0-0,9Г	2													
2	Котел паровий Вароргех НVP-2000	1													
3	Конденсатний бак V=5,0 м	1													
4	Солерозчинник	1													
5	Насос розчину солі	1													
6	Насос промивної води	1													
7	Насос хімоочищеної води	1													
8	Фільтр натрію-катіонітовий	2													
9	Бак хімоочищеної води, V=1.5	1													
10	Колектор пари	1													
11	Колектор конденсату	1													
12	Скидний колодязь	1													
13	Деаератор ДА-5	1													
08-15.БДР.012.02.00.000															
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Теплова схема котельні					Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Чорний В.О.											1		
Пров.		Резидент Н.В.													
Рецензент		Попович М.М.													
Н.контр.		Співак О.Ю.													
Утв.		Степанов Д.В.							ВНТУ, гр. ТЕ-22мс						

Конденсат від побутових приміщень



- Умовні позначення
- B1 — Водопровідна вода
 - B6 — Хімічищена вода
 - B6.1 — Деаерована вода
 - B1.1 — Розчин солі
 - B13 — Вхідна підігріта вода
 - B16 — Промивна вода
 - T71 — Перегріта пара
 - T8 — Конденсат
 - T93 — Продувка
 - T96 — Спускний трубопровід
 - T97 — Скидний трубопровід

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата
Розроб.	Чорний В.О.				
Пров.	Резидент Н.В.				
Рецензент	Попович М.М.				
Т. контр.	Резидент Н.В.				
Н. контр	Співак О.Ю.				
Утв.	Степанов Д.В.				

08-15.БДР.012.02.00.000 ТЗ

Теплова схема котельні

Стадія	Маса	Масштаб
Лист	Листов	

ВНТУ, гр. ТЕ-21мс

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

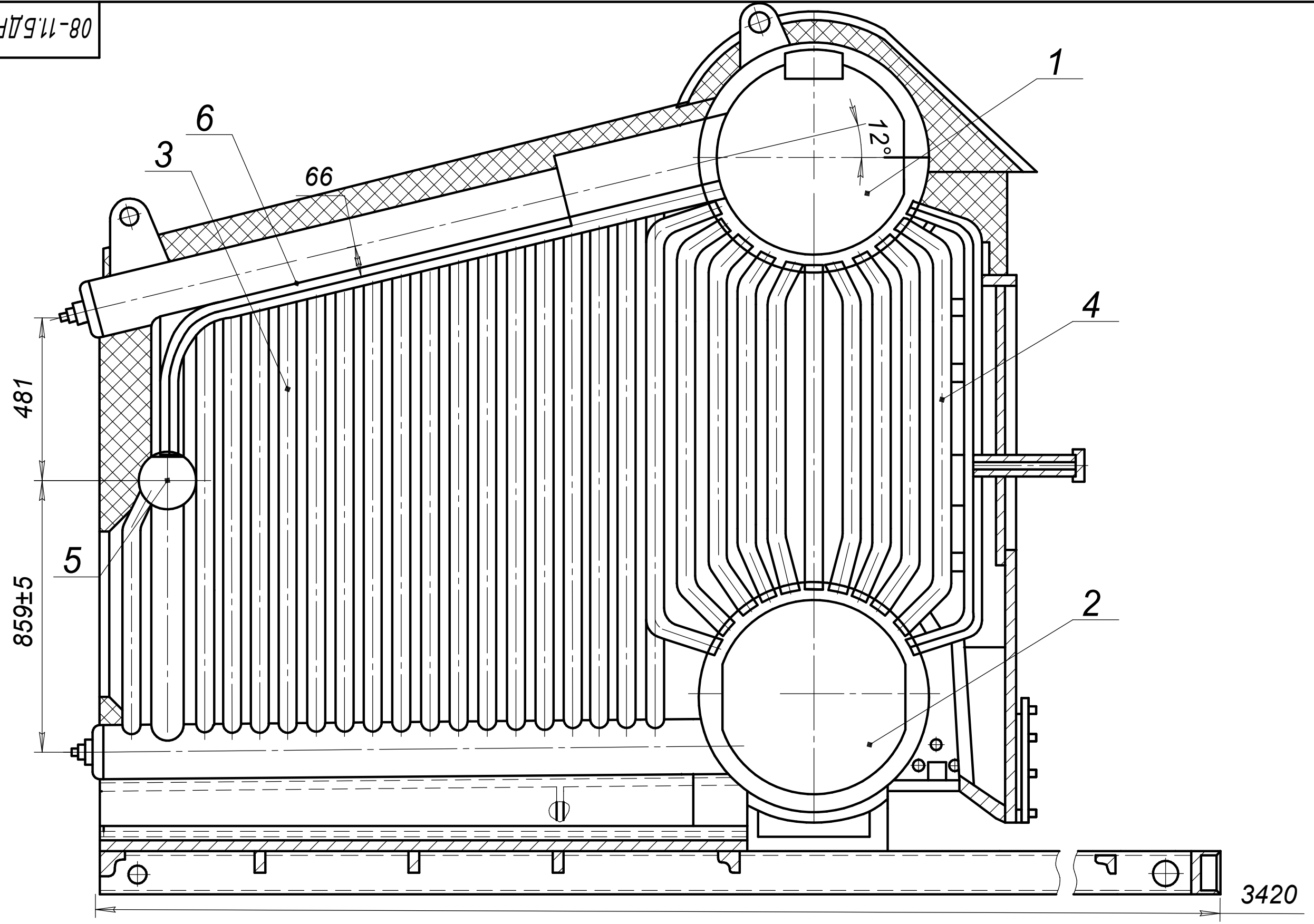
Взам. инв. №

Инва. № дубл.

Подп. и дата

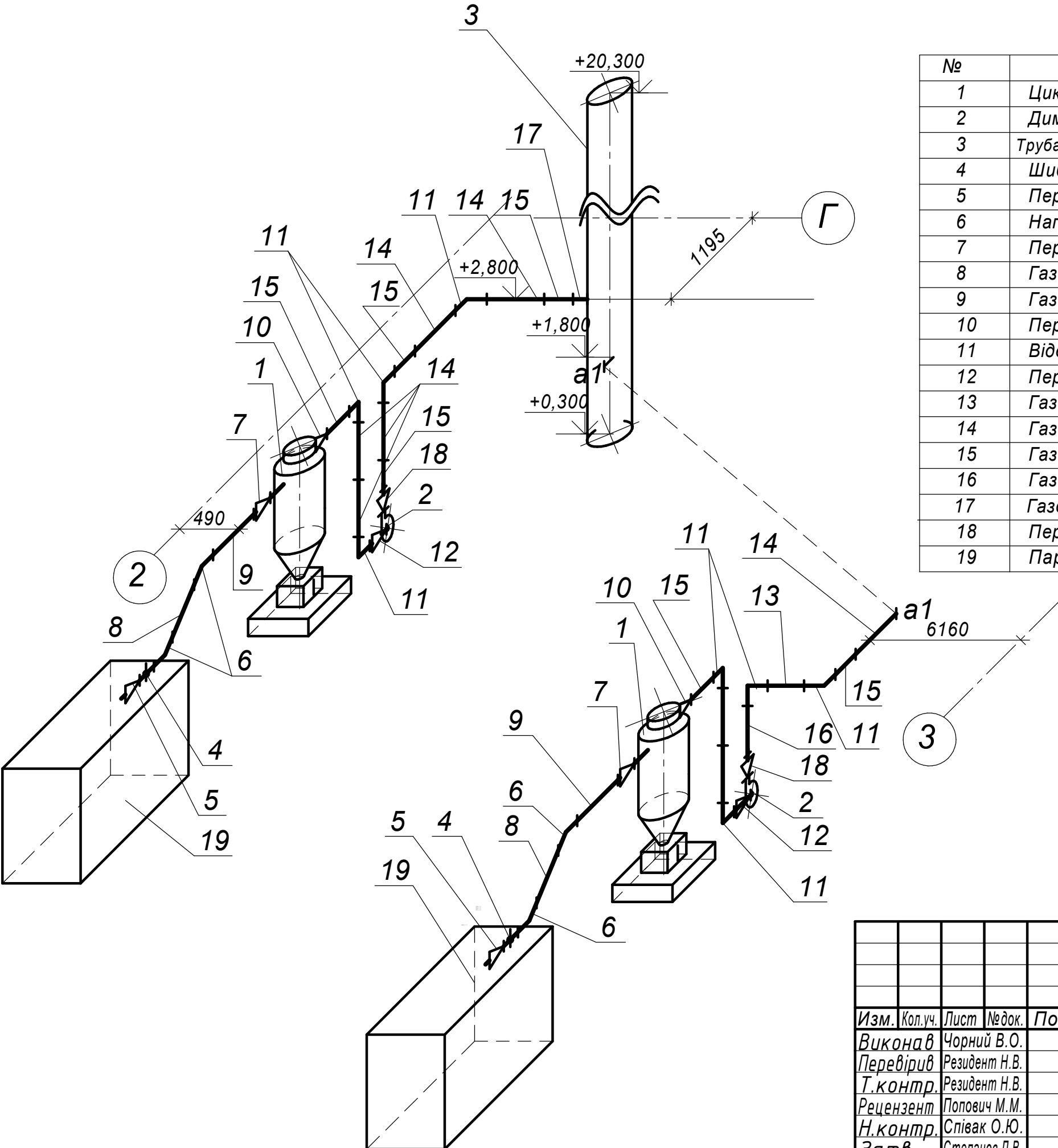
Инва. № подл.

08-11.БДР.012.03.00.000 СК



				08-11.БДР.012.03.00.000 СК				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Парогенератор Е-1/9 (розріз)	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Чорний В.О.							1:10
Пров.	Резидент Н.В.							
Т.контр.	Резидент Н.В.					Лист	Листов	
Ренцензент	Попович М.М.							
Н.контр.	Співак О.Ю.				ВНТУ, гр. ТЕ-21мс			
Утв.	Степанов Д.В.				Копировал Формат А3			

ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ



№	Найменування	Кількість	Примітка
1	Циклон МЦ 400	2	Встановити на фунт
2	Димосос Д-3,5М	2	Встановити на фунт
3	Труба димова 700/760 мм висота 20 м Versia-Lux	1	Встановити на фунт
4	Шибер 450•550 мм	2	
5	Перехід 795x230 / 450x550 мм, L = 350 мм	2	δ = 0,6 мм
6	Напіввідвід 450x550 мм	4	δ = 0,6 мм
7	Перехід 450x550 / 156x666 мм, L = 350 мм	2	δ = 0,6 мм
8	Газохід 450x550 мм, L = 988 мм	2	δ = 0,6 мм
9	Газохід 450x550 мм, L = 1000 мм	2	δ = 0,6 мм
10	Перехід 446x281 / 360x360 мм, L = 350 мм	2	δ = 0,6 мм
11	Відведення 90° 360x360 мм	8	δ = 0,6 мм
12	Перехід 360x360 / □315 мм, L = 350 мм	2	δ = 0,6 мм
13	Газохід 360x360 мм, L = 635 мм	2	δ = 0,6 мм
14	Газохід 360x360 мм, L = 1000 мм	9	δ = 0,6 мм
15	Газохід 360x360 мм, L = 500 мм	6	δ = 0,6 мм
16	Газохід 360x360 мм, L = 850 мм	1	δ = 0,6 мм
17	Газохід 360x360 мм, L = 250 мм	1	δ = 0,6 мм
18	Перехід 250x250 / 360x360 мм, L = 350 мм	2	δ = 0,6 мм
19	Парогенератор Е-1.0-0.9Г	2	не монтується

Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						08-15.БДР.012.04.00.000 Г5			
						м. Вінниця			
Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата	Модернізація парової котельні ТОВ "АВІС"	Стадия	Лист	Листов
Виконав	Чорний В.О.								
Перевірив	Резидент Н.В.								
Т.контр.	Резидент Н.В.								
Рецензент	Попович М.М.								
Н.контр.	Співак О.Ю.					Схема монтажна аксонометрична	ВНТУ, ТЕ-21мс		
Затв.	Степанов Д.В.						Формат А3		