

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія

08-11.МКР.002.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-19мз
спеціальності

144 – теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Коваль Д.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Ткаченко С. Й.

(прізвище та ініціали)

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2021 рік

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
Кафедра теплоенергетики
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва)
Освітня програма «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри теплоенергетики

С.Й.Ткаченко

“ _____ ” _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ковалю Денису Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія

керівник роботи Ткаченко Станіслав Йосипович, д.т.н., проф.каф. ТЕ _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» березня 2021 року № 64.

Строк подання студентом роботи 07.06.2021 р.

3. Вхідні дані до роботи: тип котлоагрегату, що прийнятий для розрахунку – E-1/9; паропродуктивність 1 т/год; температура води на вході в котел – 50 °С; температура пари на виході з котла 174 °С; тиск пари в барабані – 1 МПа; тиск пари на виході – 0,9 МПа; температура холодного повітря – 20 °С; температура води, що гріється на вході, $t_1' = 30$ °С; температура води, що гріється на виході, $t_1'' = 90$ °С; витрата робочого палива на котел $V_p = 0,056$ кг/с;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд літературних джерел по застосуванню біопалива в твердопаливних котлах; науковий підхід щодо використання альтернативного палива; дослідження роботи котла E-1/9-1 на біометані; порівняльний аналіз роботи котла на різних видах палива; модернізація котельні; підвищення енергоефективної роботи котла за рахунок автоматизації; розробка кошторису; заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): парогенератор E-1/9 на біометані; план та розріз трубопроводів котельні; аксонометрична схема трубопроводів монтажу теплообмінника; канондарний план монтажних робіт; функціональна схема автоматизації парового котла E-1/9.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
ОПтаБЖД	Віштак І.В., к.т.н., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналітичний огляд літературних джерел по застосуванню біопалива в твердопаливних котлах	10.03.21...15.03.21	
2	Науковий підхід щодо використання альтернативного палива	16.03.21...5.04.21	
3	Дослідження роботи котла Е-1/9-1 на біометані	6.03.21...15.04.21	
4	Порівняльний аналіз роботи котла на різних видах палива	16.04.21...26.04.21	
5	Модернізація котельні; підвищення енергоефективної роботи котла за рахунок автоматизації	27.04.21...8.05.21	
6	Розробка кошторису	9.05.21...18.05.21	
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.05.21...3.06.21	
8	Оформлення МКР	4.06.21...07.06.21	

Студент _____ **Коваль Д. М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник МКР _____ **Ткаченко С. Й.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Опонент _____ **Дудар І.Н.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Проведено модернізацію промислової парової котельні шляхом переведення котла на спалювання біометану та встановлення системи утилізації теплоти відхідних газів. Було проаналізовано теплову схему котельні. Виконано багатоваріантний аналіз шляхів підвищення ефективності котельні, проаналізовано варіанти реалізації системи утилізації теплоти відхідних газів.

Проведено дослідження роботи котла на біометані та тепловий розрахунок теплообмінника-утилізатора, визначено температуру відхідних газів і підігрів води, підібрано оптимальні геометричні та теплові параметри. Виконано аеродинамічний розрахунок.

Розроблено технологію монтажу системи утилізації надлишкової теплоти. Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення трубопроводів, визначена трудоемкість монтажних робіт.

Проведено розробку схеми автоматизації схеми котельні для якої була розроблена САР живлення котла; САР потужності котла; САР співвідношення палива і повітря; САР розрідження.

Розроблено кошторис впровадження системи утилізації. Розроблено заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Annotation

The industrial steam boiler house was modernized by converting the boiler to biogas combustion and installing a waste gas heat utilization system. The thermal scheme of the boiler room was analyzed. A multivariate analysis of ways to increase the efficiency of the boiler room is performed, the options for implementing the system of waste gas heat utilization are analyzed.

A study of the operation of the boiler on biogas and thermal calculation of the heat exchanger-utilizer, the temperature of the exhaust gases and water heating, determined the optimal geometric and thermal parameters. Aerodynamic calculation is performed.

The technology of installation of the system of utilization of excess heat is developed. The layout of the equipment, the scheme of laying pipelines, the complexity of installation work is determined.

The development of the automation scheme of the wheel scheme for which the boiler power supply ACS was developed; ACS of boiler power; ACS ratio of fuel and air; ACS rarefaction.

An estimate of the implementation of the recycling system has been developed. Safety and health measures have been developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ЗАСТОСУВАННЮ БІОМЕТАНУ В ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ.....	11
1.1 Актуальність використання біометану в промисловості	11
1.2 Перспективи використання біометану та методи його отримання.....	15
1.3 Загальний огляд нормативно-правової бази по використанню біометану	20
2 НАУКОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕТАНУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА	25
3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОТЛА Е-1/9-1 НА БІОМЕТАНІ	29
3.1 Вихідні дані для розрахунку	30
3.2 Розрахунок процесу горіння палива	30
3.5 Розрахунок основних складових системи отримання біометану.....	36
3.6 Аналіз обладнання для котельні.....	39
4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ КОТЛА НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА	43
5 МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ	46
5.1 Аналіз об'єкту модернізації.....	46
5.2 Проектний розрахунок теплообмінного апарату.....	47
5.2.1 Вихідні дані для розрахунку	47
5.2.2 Тепловий розрахунок.....	48
5.2.3 Компоновка теплоутилізатора	52
5.2.4 Гідравлічний розрахунок.....	53
5.3 Розрахунок та комплектування основних і допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей	54
5.4 Визначення складу і об'ємів робіт	56
5.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань	57
5.6 Витрата паливних та енергетичних ресурсів	59
5.7 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт	60
6 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ КОТЛА ЗА РАХУНОК АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	64
6.1 Аналіз об'єкту автоматизації	64
6.2 Вибір величин, які регулюються	64
6.3 Система автоматичного регулювання живлення котла	65

6.4 Система автоматичного регулювання тиску пари в барабані	66
6.5 Система автоматичного регулювання економічності	67
6.6 Система автоматичного регулювання розрідження	67
6.7 Засоби автоматизації	68
6.8 Розрахунок шиберів повітряного тракту	72
7 РОЗРОБКА КОШТОРИСУ	75
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
8.1 Аналіз умов праці	76
8.2 Виробнича санітарія	76
8.3 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	81
8.4 Пожежна безпека	81
ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	86
ДОДАТКИ	93

ВСТУП

Актуальність теми.

Спостерігається здорожчання енергоносіїв в усьому світі. Це викликано різними чинниками: їх вичерпність, політичні і економічні обставини, політика у сфері їх використання то що. Україна закуповує більше половини всього палива з закордону. Тому необхідно шукати шляхи диверсифікації паливного сектору.

На промислових та комунальних підприємствах склалась складна ситуація. Більшість обладнання застаріле, відбуваються часті поломи, втрати енергоносіїв через аварії, а це в свою чергу призводить до значної перевитрати коштів. Тому важливим питанням є пошуки шляхів до підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичної галузі.

Розглядаючи доступні сьогодні можливості доречно виділити наступне: технічне переоснащення, яке супроводжується заміною старого обладнання на нове, більш енергетично ефективне, що в подальшій перспективі призводить до багатьох позитивних наслідків, серед яких зменшення витрати на енергетичні ресурси та покращення умов праці. То до чого треба прийти в будь якому випадку – перехід об'єкта на часткове або повне заміщення викопних ресурсів відновлювальними джерелами енергії. Слід обов'язково враховувати досвід європейських країн з використання відновних паливних ресурсів таких як тверда органічна маса, сонячна енергія, біометан та ін. До більш простих варіантів можна віднести улаштування утилізаторів теплоти відходів підприємства та відхідних газів паливоспалювального обладнання (утилізатори теплоти відхідних газів, то що) [4-9].

Правильний вибір паливоспалювального обладнання та систем утилізації скидної теплоти підприємства є пріоритетною задачею для будь якого проекту по оптимізації і підвищенню енергетичної ефективності підприємства. Тому тема даного дослідження є **актуальною**.

Метою роботи є заміщення підприємством природного газу біометаном та зменшення витрат природного газу за рахунок встановлення утилізатора теплоти відхідних газів котлів.

Для досягнення даної мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести аналітичний огляд літературних джерел по застосуванню біометану в твердопаливних котлах;

- розробити науковий підхід щодо використання біометану в якості палива;
- дослідити роботи котла Е-1/9-1 на біометані;
- провести порівняльний аналіз роботи котла на різних видах палива;
- виконати модернізацію котельні;
- провести підвищення енергоефективної роботи котла за рахунок автоматизації;
- розробка кошторису;
- розробка заходів з охорони здоров'я та із захисту навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження

Об'єктом є парова котельня на газовому паливі.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є ефективність роботи котла на біометані, системи утилізації відхідних газів котла та раціональність конструкції даної системи.

Методи дослідження

Для виконання розробки використовуються методи математичного системного аналізу та синтезу системи, методи економічної оцінки.

Наукова новизна отриманих результатів

- Отримали подальшого розвитку дослідження ефективності теплових схем теплообмінниками-утилізаторами теплоти відхідних газів;
- Отримали подальшого розвитку дослідження по заміщенню викопного палива біометаном.

Практичне значення роботи

- Розроблена методика комплексної оцінки ефективності роботи системи утилізації теплоти відхідних газів котельні з використанням чіткого переліку критеріїв оптимізації.

Особистий внесок магістранта полягає в розробці методики розрахунку теплової схеми, виконанні числових розрахунків ефективності роботи системи по спалюванню біометану та утилізації теплоти, підборі обладнання.

Структура та обсяг роботи

Робота складається із вступу, восьми розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний об'єм роботи 104 сторінки. Містить ілюстрації, графічні залежності креслення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ЗАСТОСУВАННЮ БІОМЕТАНУ В ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ

1.1 Актуальність використання біометану в промисловості

Біометаном прийнято вважати газ отриманий шляхом очищення біогазу від негорючих домішок. Після завершення процесу очищення отримують газ, який по своєму складу і властивостям є аналогом природного газу. На даний час існує значна кількість способів очистки біогазу до біометану, але на даному етапі його вартість більша за вартість викопного природного газу.

Біометан є по своїй суті відновлюваним джерелом енергії. Протягом останніх років спостерігається підвищений інтерес до використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). ВДЕ можна використовувати в різних галузях промисловості України: сільське господарство, харчова галузь, нафтопереробна і т.д. Зокрема, в роботі [1] розглядається система постадійного зброджування відходів сільськогосподарського виробництва. В якій потенційною сировиною для виробництва біогазу можуть слугувати продукти природної вегетації, відходи сільського господарства (с/г) а також, урожай спеціально вирощених енергетичних культур.

На сьогодні основною сировиною для отримання біометану можуть бути відходи тваринництва. В Україні розрахунковий вихід від загального поголів'я відходів птахівництва та тваринництва досягає 200 млн тон в рік. Автори [1] очікують отримання біометану від переробки 10-15% цього об'єму гною у розмірі 1 млрд м³/рік, що дозволяє покрити 15-16% енергетичних затрат с/г.

Автори [2] відзначають, що потенціал біоенергетики становить 60% відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в Україні. При цьому в Україні використовуються тільки 1,5% ВДЕ. Згідно [2] енергетичний потенціал біомаси розділяють на теоретичний та технічний. Під теоретичним енергетичним потенціалом розуміється кількість біомаси, яка утворилася на території України, а технічний потенціал біомаса, яку можна використати враховуючи технічні можливості та економічну доцільність.

Виходячи з вище сказаного, біометан може використовуватися для виробництва теплової і електричної енергії. Існують проекти по використанню біометану як паливо для транспорту. Перспективним є використання біометану як сировина для хімічної промисловості.

У всій практиці вже прослідковується використання біометану, так у Німеччині, наприклад, 88% виробленого біометану використовується на ТЕЦ для виробництва електроенергії і тепла, 5% — для теплопостачання і близько 5% на транспорті.

В згаданому по Європі 10% виробленого біометану використовується у якості моторного палива. Основними першопрохідцями в даній сфері є Швеція, Німеччина, Фінляндія, Швейцарія, Ісландія.

Біометан можна використовувати у всіх двигунах, що працюють на природному газі. На ринку представлено багато сучасних газових двигунів для автомобілів, важких транспортних засобів, кораблів і поїздів, які можуть працювати на біометані.

Більшість виробників автомобілів випускають моделі, що працюють на стисненому або скрапленому метані. Існує також можливість переобладнати автомобіль з бензиновим двигуном для роботи на біометані.

У роботі [2] зазначено, що найбільший енергетичний потенціал мають енергетичні рослини, що вирощуються з метою отримання енергії. Загалом, технічний потенціал нижчий за енергетичний на 15-30%. Розвиток науки та техніки в даному напрямку дозволить зменшити цю розбіжність.

З джерела [3] можна виділити також економічний потенціал біомаси для виробництва біометану, який показує яку масу сировини економічно доцільно перетворити у теплову енергію. Так енергетичний, практично досяжний потенціал становить 34,32 млн. т у.п..

Якщо розглядати найбільший вихід біометану з сухої біомаси та валової енергії з гектара, то його забезпечує насінники пирію середнього, очеретянки звичайної, стоколосу безостого та грястиці збірної [3]. Хімічний склад біомаси залежить від видової структури та фази збирання. Найбільший вплив на енергоємність біомаси має загальна кількість органічних речовин у сухій масі (протеїн, сирий жир, сира клітковина, сира зола). Дослідження енергетичний культур доступних для вирощування на території України дає можливість створити енергетичний конвеєр надходження біомаси на біопаливо. Згідно [3] пропонується така схема: раннє надходження біомаси – щавель кінський (місяць червень), наступним дозріває гірчак Вейріха, золотарник канадський (серпень – вересень), решта культур досягають пізно восени (жовтень – листопад).

Вирощування енергетичних культур досить перспективно не тільки для енергетики сільського господарства, переробної промисловості, а також для виробництва біопалива для автомобілів. Згідно законодавства України з 2016 року

в бензин рекомендується додавати не менше 7% біоетанолу [4]. Найбільш ефективною культурою для виробництва біоетанолу є цукрові буряки. Для виробництва біопалива використовуються не тільки коренеплоди, а й гичка. Згідно [4] з 1 га цукрових буряків можна отримати понад 4,3 тон з га біоетанолу. Проведені ґрунтовні дослідження показують максимальний вихід біоетанолу (3,9 тон з га) досягається за густини засадження рослин 110 тис. ш./га. При цьому сорт рослини істотно на вихід біогазу не впливає. Максимальний розрахунковий вихід біогазу досягається при густині засадження рослин 150 тис.ш./га і складає 2,4-2,6 тис.м³/га.

Якщо розглядати енергетичні культури для виробництва біометану, які вирощуються спеціально для отримання енергії то на сьогоднішній день їх досліджується більше 20 видів. До них належать швидкоростучі види верби і тополі, однорічні та багаторічні трав'янисті рослини, наприклад сорго, цукровий очерет, амарант, міскантус, мальва пенсільванська, просо лозове та інші. А також, енергетичні водорості (хлорела, дуналієлла) [5]. Зазвичай, ці рослини вирощують на землях не придатних для с/г обробітку.

Варто звернути увагу на дані Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), за їхніми даними потенціал виробництва біометану в світі складає 730 млрд м³/рік (близько 20% нинішнього загального споживання природного газу). В 2019 році світове виробництво біометану досягло майже 5 млрд м³/рік.

Лідером виробництва біометану на сьогодні є ЄС — виробництво біометану в Європі існує вже у 18 країнах. Наразі біогазовий сектор ЄС виробляє 15,8 млрд куб. метрів біогазу та 2,43 млрд куб. метрів біометану. Наприкінці 2019 року на території ЄС було біля 19 тисяч біогазових та 725 біометанових установок.

Виробництво біометану у 2019 році зросло на 16% порівняно з попереднім роком (найбільше зростання з 2014 року). Лідером європейського біометанового ринку залишається Німеччина, де на 200 заводах вироблено близько половини європейського біометану.

В останні роки за темпами розвитку лідирують такі країни, як Франція, Нідерланди, Данія, та Італія.

У країнах Євросоюзу доступними для вирощування енергокультур є 13,2 млн. га земель; до 2030 року цей показник планують збільшити до 26,2 млн. га [5]. В Україні низькородючих схильних до ерозії ґрунтів нараховується 3,5 млн. га. Вирощування в даних ґрунтах швидкоростучих енергетичних культур призведе не тільки до забезпечення енергетичної незалежності України, а й збереже дані ґрунти від ерозії. Найперспективнішими на думку авторів [5] є верба

прутовидна, міскантус та сорго, оскільки ці рослини абсорбують з ґрунту важкі метали та радіонукліди, що призводить до загального покращення екології. Енергетичний вихід з перелічених рослин коливається в межах 360-480 ГДж/га/рік.

Вирощування енергетичних культур (верба, тополя, міскантус), та подальша переробка їх у теплову та електричну енергію детально розглянуто у роботі [6]. За наведеною у роботі концепцією заміна викопних палив біомасою при виробництві енергії у 2020 році дасть змогу замінити 1 млн. тон у.п./рік, до 2030 року ця цифра сягне 4, 98 млн. тон у.п./рік. Дана концепція можлива лише за умов державного стимулювання відновлювальної енергетики. Яскравим прикладом якісного механізму регулювання та стимулювання вирощування енергетичних культур є механізм Європейського Союзу, який складається з трьох частин: сільськогосподарська політика, енергетична політика, політика в галузі наукових досліджень та інновацій.

Фермери ЄС в якості стимулювання отримують інвестиційну підтримку для створення плантація для створення енергетичних культур та субсидію в розмірі 45 євро /га на вирощування енергокультур. Фермери, які володіють 15 га орних земель повинні виділити не менше 5% площі для екологічних потреб (буферні смуги, ландшафтні елементи, лісонасадження та ін.) в подальшому цю цифру планується збільшити до 7% [6].

В галузі наукових досліджень Єврокомісія реалізує програму наукових та інноваційних досліджень «Горизонт 2020». В рамках даної програми виділено 5,8 млн. євро на дослідження технологій надійності, ефективності, екологічної чистоти виробництва енергії [6]. Найбільш класичними інструментами регулювання вирощування енергетичних культур залишається «зелений тариф» та субсидія на га площі під енергокультури [6].

Варто відзначити дієвість європейського підходу до реалізації відновлювальної енергетики. Значних успіхів в даному напрямку досягла Німеччина [7, 8]. У Німеччині кількість заводів анаеробного зброджування за останні 15 років зростає у 7 разів. Кількість біогазових станцій складає більше 9 тис., а загальна встановлена потужність більше 4 тис. МВт.

Серед сировини, яка використовується для виробництва біогазу в Німеччині на перше місце займають відходи тваринництва 43%, на другому місці енергетичні культури 41% серед яких 78% - кукурудза далі біовідходи 10% та сільськогосподарські та індустріальні відходи близького 1% [9]. Така значна увага приділена кукурудзі через те, що лінійка спеціально виведених її гібридів дає

максимальний вихід біогазу 202 м³/т. Гібриди кукурудзи «KWS» активно досліджуються в Україні та рекомендовані для вирощування на біогаз, через максимальний вихід біогазу, стабільну врожайність, холодостійкість, зменшення вегетаційного періоду [9].

Через значну привабливість використання кукурудзи в енергетичних цілях можливе зменшення виробництва продуктів харчування та кормів для с/г виробництва. Країни ЄС вимушені були прийняти законопроект про відновлювальні джерела енергії (EEG 2012) згідного якого для виробництва біогазу можна використовувати не більше 60% масової частки кукурудзи у свіжому субстраті [8]. Наступною по значимості сировиною для виробництва біогазу є цукрові буряки. Вирощування яких, на території України, зокрема на Вінниччині є основним с/г напрямком.

1.2 Перспективи використання біометану та методи його отримання

Прогноз Європейської біогазової асоціації — до 2030 року сектор біогазу та біометану може практично подвоїти виробництво, а до 2050 року виробництво може зрости у понад чотири рази. Потенційне виробництво біогазу та біометану в ЄС в 2030 році може досягати 44 млрд м³/рік.

Відповідно до урядових планів Данії, вже в 2025 році виробництво біометану і природного газу в країні мають зрівнятися, а в 2035 році природний газ буде повністю замінено біометаном.

Потенційним європейським лідером біометанового ринку є Італія, де державою різноманітними методами стимулюється використання стисненого та скрапленого біометану в якості моторного палива на транспорті.

На початку 2019 року в країні було подано 900 заявок на підключення біометанових заводів до газових мереж загальною потужністю 2,2 млрд м³/рік. Очікується, що в 2023 році в Італії транспортний сектор буде споживати 2 млрд м³ газу/рік, з яких 25% буде біометан (bio-CNG).

За оцінками МЕА річне виробництво біометану в світі може досягти 240 млрд м³/рік в 2040 році в разі реалізації стратегії сталого розвитку. При цьому ЄС втратить роль світового лідера, оскільки більш ніж 50% біометану буде вироблено і використано в Китаї та Індії [10,11]..

Основним джерелом для отримання біометану залишається біогаз. Вміст метану у біогазі коливається від 5 до 85% та є основним енергетичним компонентом. Зазвичай, процес отримання біогазу та біодобрив розділяють на три

стадії (гідроліз, окислення, утворення метану) або на чотири стадії. В другому випадку, стадію окиснення розділяють на два етапи – саме окиснення та утворення оцтової кислоти. Кожна стадія відбувається із складними біохімічними перетвореннями та є предметом дослідження науковців [11].

Особливо важливим питанням є дослідження виходу біометану із різних видів субстратів та інтенсифікація процесу метаногенезу. Авторами [11] відзначено, що додавання у осад стічних вод амаранту скорочує фазу їх зброджування у 4-5 разів. Дослідниками встановлено найбільш ефективним компонентом, що активує газоутворення є метеленхлоридний екстракт. Спостерігається вмісту метану в біогазі з 65-83%. Схожими ефектами володіє яблучний жом, який збільшує вміст метану в біогазі на 11% [10].

Більш загально фактори, які впливають на процес утворення біометану можна класифікувати [10]:

- інгібітори речовини, які перешкоджають життєдіяльності мікроорганізмів (важкі метали та їх солі, лужні та лужноземельні метали аміак, нітрати і т.д.);
- живильне середовище (водень, азот, сірка, фосфор) для утворення білка, також залізо та мікроелементи;
- концентрація твердих частинок необхідно забезпечити таку в'язкість субстрату, яка допускає вільне переміщення рідини зважених твердих частинок, бактерій та бульбашок газу;
- температура, яка впливає на об'єм газу утворений з певної кількості органічної речовини, технологічний час процесу зброджування, якість газу;
- вміст кислот оптимальним середовищем для метанового зброджування є показник кислотності середовища рН 6,5; 7,5.

На вихід біогазу під час метанового зброджування впливають також технологічні фактори такі як, особливості конструкції БГУ та особливості технологічного процесу. Більш окремо, потрібно виділити наступні фактори [10]:

- завантаження робочого простору, кількість органічної маси завантаженої в реактор віднесена до одиниці часу та одиниці об'єму реактора;
- технологічний час циклу зброджування, час перебування в реакторі органічної маси, яка в нього закладена;
- інтенсивність перемішування.

Всі ці фактори в певній мірі впливають на максимальний вихід біометану і на даний час для кожного окремого випадку процесу метаногенезу їх необхідно аналізувати окремо.

Слід відзначити, важливість температури на процес зброджування. В природі метан утворюється за температур від 0 до 97 С⁰ [12]. Це призводить до необхідності оптимізувати процес зброджування шляхом виділення трьох температурних зон в життєдіяльності мікроорганізмів (психрофільну – до 20⁰ С, мезофільну – 20-40⁰ С, термофільну – 50-70⁰ С).

В роботі [12] відзначено, що подальше підвищення температури призводить до збільшення виходу біогазу але одночасно збільшується кількість вільного аміаку, який при певні концентрації взагалі зупиняє процес метаногенезу. Економічно не доцільно підтримувати високу температуру субстрату в реакторі оскільки, теплова енергія має свою ціну а підвищення температури на 1⁰С не забезпечує пропорційного збільшення виходу біогазу.

Наступним за значенням фактором стимулювання виходу біометану після температури є інтенсивність перемішування субстрату. Перемішування сприяє підвищенню швидкості біохімічних реакцій в установці, рівномірному розподілу живильних речовин у об'ємі реактора, перешкоджає утворенню осаду та плаваючої кірки [10,13,14].

Процеси перемішування субстрату зазвичай, виконують наступними методами: механічне перемішування, гідравлічне перемішування та за допомогою газу. Механічні перемішувальні пристрої ставлять високі вимоги до форми реактора. За умов застосування важких субстратів механічні мішалки доцільно використовувати в не великих реакторах, якщо субстрат низької в'язкості з незначною кількістю здатних до осадження речовин, то механічні мішалки можна застосовувати для відносно великих реакторів. Для забезпечення перемішування у великих реакторах доцільно використовувати гідравлічні перемішувачі системи (з рухомим та нерухомим соплом) тобто, за допомогою струменя рідини. Високу якість перемішування можна досягти барботажними методами (за допомогою газу). Недоліком даного способу є те, що субстрат повинен бути не значної в'язкості та не повинен містити речовин, які утворюють плаваючу кірку [10,13].

Процесам перемішування субстрату приділено значну кількість уваги, як з теоретичної так і з практичної точки зору. У роботі [13] наведено результати математичного аналізу процесу механічного перемішування субстрату за допомогою пропелерної мішалки. Автори дослідили взаємовплив неоднорідності середовища та рівномірність розподілення органічної маси по об'єму реактора.

Практичне значення для біоенергетики мають також дослідження авторів [15]. В роботі наводяться емпіричні залежності визначення потужності, яка витрачається на перемішування субстрату мішалками шнекового та лопаткового

типу. Отримана залежність являє собою функцію густини, в'язкості рідини, числа обертів мішалки, діаметра мішалки та реактора, висоти субстрату в реакторі, розмірів та форм лопаток та ін. Авторами проаналізовано 10 типів мішалок та запропонована для практичного використання графічна залежність коефіцієнту потужності мішалки від числа Рейнольдса.

Експериментальному дослідженню процесів гідравлічного перемішування приділено увагу авторами [14]. Вплив інтенсивності перемішування на вихід біогазу проводився у дослідній установці, яка складається з реактора у формі горизонтально розміщеного циліндра, підготовчої камери обладнаної обігрівачем, трубопроводами, системою обігріву сировини та її збору, перемішувальним пристроєм. Циркуляція субстрату в контурі перемішування відбувається за допомогою насосу. Дослідження авторів показали, що для гідравлічних систем перемішування оптимальний вихід біогазу спостерігається за умов увімкнення насосу 24 рази/доба на 10 хв. Частота обертання робочого колеса насоса 352,5 об./хв.

Значне теоретичне дослідження гідравлічного перемішування субстрату представлені в дисертації [16]. В роботі досліджувалось перемішування в метантенку циліндричної форми об'ємом 3 м³. Субстрат у метантенк подавався у нижньою та верхню частини. Подавання субстрату у нижньою частину перешкоджає утворенню осаду а у верхню частину утворенню газонепроникної кірки. Розроблена система дозволяє зменшити час перемішування в 2 рази (з 83 хвилин до типових схем до 42 хвилин для модернізованої схеми). Ефективність такого перемішування збільшується на 18%, ексергетичний ККД метантенка збільшується на 8% та технологія загалом на 10%. Автори відмічають, що субстрат з концентрацією СОР до 8% є ньютонівською рідиною.

Дослідниками [17] розглядаються нестандартні варіанти механічного перемішування субстрату. В даному випадку, перемішувальним пристроєм є обертовий біореактор. Корпус повертається навколо горизонтальної вісі симетрії на 180⁰ внаслідок чого легка та важка фракції через різницю питомої ваги змінюють свій напрямок руху та в процесі перемішування відбувається усереднення всього об'єму біомаси. Додатковим перемішувальним засобом є решітчаста мішалка, яка інтенсифікує процес за рахунок деякої турбулізації потоків маси субстрату. Автори наводять певні обмеження для описаного способу такі, як добовий об'єм до 300 м³ температурний режим 38/55 °С, вологість 90-95%. Також, прогнозується збільшення енергетичного ефекту від впровадження

технологій реактора з обертовим корпусом на 30%. Прогнозується збільшення доходу на 10-15% від реалізованого біогазу.

Вагомий вплив на вихід біометану, чинить додавання у готовий субстрат різних біологічно активних компонентів органічних та неорганічних домішок [12,18]. Серед неорганічних речовин, які додаються до субстрату може бути вапно для регуляції лужності середовища, ведення в метантенк сульфатів та сульфідів для виведення з'єднань іонів важких металів. В Німеччині практикується введення суміші ензимів та мікроелементів в біогазів реактор, які підвищують вихід біогазу від 20-40%

Перспективним напрямком підвищення інтенсивності зброджування та збільшення концентрації метану в біогазі є попередня підготовка біомаси шляхом подрібнення та змішування різних видів субстрату [18,19]. Результати даних досліджень показують, що попередня підготовка (подрібнення) енергетичних рослин сприяє розчепленню лігноцелюлози та загального збільшення виходу біогазу. Це пояснюється тим, що збільшується доступність гідролітичних ферментів до полімерних вуглеводів. Ефективним способом подрібнення є екструзія. Дослідження показують, що під час підготовки сировини за допомогою лабораторного ножового подрібнювача та екструдера вихід біогазу у другому варіанті для енергетичних рослин (міскант, біла лобода, дика морква) збільшується у діапазоні 42-52%.

Результати експериментальних досліджень впливу розмірів частинок субстрату на глибину розкладання органічної речовини відходів ВРХ показують збільшення виходу біогазу у 2,6 рази на протязі експерименту – 11 діб. За умов зброджування субстрату без подрібнення (густина 1020 кг/м^3) ступінь розкладу органічних речовин складає близько 30%, вихід біогазу $0,35 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{СОР}$. Подрібнення субстрату до густини 1001 кг/м^3 ступінь розкладання СОР досягав 78% а вихід біогазу $0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{СОР}$. Загалом дослідники [20] виявили пропорційний але не лінійний характер степені розпаду СОР і збільшення активної поверхні органічної речовини (подрібнення).

Авторами [21] пропонується подрібнювати розміри частинок субстрату тваринного походження до 0,5-0,7 см та додавати в якості каталізатора відходи молочного виробництва. При цьому проводити процес зброджування при температурі 17-22 °С.

Одним з факторів виходу біометану є співвідношення вуглецю та азоту (C/N). Аналізуючи показник C/N для різних органічних речовин можна простежити, що для більшості відходів свиней та ВРХ він не перевищує 15. У

енергетичних культурах цей показник зазвичай перевищує 30. Оптимум для протікання процесу бродіння C/N повинен бути 10-30:1, тому змішування гнійних відходів та енергетичних культур дасть можливість регулювати співвідношення C/N, що збільшить вихід біометану [9,18].

1.3 Загальний огляд нормативно-правової бази по використанню біометану

На початку квітня 2021 р. Міненерго оприлюднило для громадського обговорення проект Закону України "Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва та споживання біометану". Законопроект вирішує дві основні задачі:

Вводить у законодавче поле України визначення терміну "біометан" — це біогаз, що за своїми фізико-технічними характеристиками відповідає нормативно-правовим актам на природний газ для подачі до газотранспортної та газорозподільної системи або для використання в якості моторного палива.

Створює "Реєстр біометану" — електронну систему облікових записів, призначену для реєстрації поданого до газотранспортної або газорозподільної системи та відібраного з газотранспортної або газорозподільної системи обсягу біометану, а також для формування гарантій походження біометану, їх передачі, розподілу або анулювання та надання сертифікатів походження біометану

Біоенергетична асоціація України повністю підтримує цей законопроект, як такий, що дозволить започаткувати в Україні виробництво, споживання та експорт біометану.

Прогнозую, що у перші роки після його прийняття основна частина виробленого біометану буде експортуватися у країни ЄС, у яких створені більш сприятливі умови для його споживання.

По мірі зростання економіки України і добробуту її людей все більша частина виробленого біометану залишатиметься для внутрішнього споживання.

Згідно із Законом України «Про альтернативні види палива», відходи, продукти, залишки і біологічно відновлювальні речовини сільського, лісового господарства і харчової промисловості можуть бути використані в якості палива у кількох видах. Перший – вихідна трав'яна, деревна або інша біомаса. Другий – продукти виробництва із неї: брикети, гранули, пелети, тріска, деревна стружка, тирса та інша вуглецевомістка тверда речовина. Із біомаси можна отримати біогаз, генераторний газ, інші види газоподібного палива, що значно полегшує подальший процес транспортування, використання палива і заміни ним

традиційного природного газу. Перспективним є напрямок перероблення біомаси у біодизель, біоетанол, біометанол, диметиловий ефір, смоли і інші горючі рідини, які утворюються в результаті хіміко-технологічних процесів піролізу (розпаду органічних сполук вихідної біомаси під дією вогню).

Отже, біометан, призначений для реалізації як товарна продукція, підлягає обов'язковій сертифікації. Ефективна робота паливоспалювального обладнання можлива лише за умови дотримання стабільних і постійних фізико-хімічних характеристик біометану. До них належать: теплота згоряння, вологість, забрудненість, склад горючих елементів, уміст золи, сірки, хлоридів і інших шкідливих домішок. Відсутність стандартів якості біопалива в Україні створює господарські ризики для виробників теплової енергії. Допустимі норми відхилення характеристик біометану від договірних величин (за відсутності держстандартів) встановлюються на основі інформації від заводіввиробників теплогенерувального обладнання для спалювання біопалива. За відсутності таких даних щодо обладнання, для оцінки взаємозамінності біопалива можна використовувати критерій сталої величини теплоти згоряння біопалива, розповсюджений у теорії і практиці спалювання будь-якого палива. Величина теплоти згоряння біопалива, яке буде постачатись, не повинна відрізнятись від договірних величин більше ніж на 10%. Виробники та трейдери біомаси на державному рівні мають обов'язково дотримуватись критеріїв сталості біомаси, як це передбачають стандарти ЄС. Сьогодні можна знайти багато повідомлень про продаж біопалива, але не вся біомаса реалізується з дотриманням критеріїв сталості.

Варто відзначити, що для отримання біометану, біомасу як паливо економічно доцільно утилізувати поблизу місць її накопичення або збору. Транспортування відходів сільського та лісового господарства, відходів деревообробки тощо, є економічно доцільним на відстань не більше 50 км. Це пов'язано з їх низькою енергетичною щільністю (менше 10 ГДж/м³) у порівнянні, наприклад, з дизельним паливом (36 ГДж/м³). Для транспортування на велику відстань підходять спеціально виготовлені біопалива з високою енергетичною щільністю, такі як гранули та брикети (18 ГДж/м³), піропаливо (28 ГДж/м³), біоетанол (22 ГДж/м³), біодизель (33 ГДж/м³). Таким чином, для досягнення найбільшої економічної доцільності енергетичного використання біомаси та біопалив треба продумувати та проробляти логістику всього ланцюжка процесу - від вирощування/збору та попередньої обробки біомаси до її постачання кінцевому споживачу.

За останні роки Україна як учасник Енергетичного співтовариства та на виконання Договору про асоціацію з Європейським Союзом упровадила низку ініціатив, пов'язаних із подальшим розвитком використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зокрема, в 2014 р. уряд України затвердив план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС [12] і того ж року – Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року (НПДВЕ) та План заходів до нього [13]. План дій був розроблений відповідно до Директиви 2009/28/ЄС про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел.

Основною метою НПДВЕ є досягнення мети споживання 11% енергії від ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні до 2020 р. (порівняно з 3,8% у 2009 р.). Частка тепла від ВДЕ має сягати 12,4%, частка електроенергії від ВДЕ – 11%, а частка ВДЕ, що використовується транспортом, має становити 10%. За оцінками Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, для досягнення зазначеної мети НПДВЕ необхідно інвестувати близько 18 млрд євро, насамперед у електроенергетику (9,5 млрд євро) та опалення й охолодження (7,7 млрд євро) [14]. Згідно з НПДВЕ, в 2020 р. частка електроенергії, виробленої з біомаси, має становити у загальній структурі електрогенерації приблизно 16,2% (з них біогаз – 2,6%), у системах опалення та охолодження – 85,5% (з них біогаз – 2,6%). Найбільш комплексно питання широкого використання біогазу розглядаються Науково-технічним центром "Біомаса" та Біоенергетичною асоціацією України (БАУ). У світі швидко зростає виробництво біогазу та поширюється його використання в енергетиці. Розвиток ринку біогазу в Україні очікувано дозволить замінити 2,6–18 млрд куб. м природного газу на рік, сприятиме посиленню енергетичної безпеки країни, створенню нових робочих місць, економічному розвитку регіонів, дозволить покривати пікові навантаження в електромережі, утилізувати відходи рослинництва та тваринництва, а також деякі відходи харчової промисловості [15].

Старт біогазовим проектам в Україні дало введення з квітня 2013 р. "зеленого" тарифу (ЗТ) на біогаз. Щоправда, відповідний тариф невисокий та передбачає подальше зменшення [16]. Значний потенціал виробництва та використання біометану в Україні зумовлений як наявними сировинними ресурсами, так і високою енергоемністю економіки, розвиненою системою газопостачання та широким доступом до нього населення (близько 70%), тож технічна можливість під'єднання виробників біометану до газорозподільчих

мереж середнього та низького тиску для локального постачання біометану як заміни природного газу є [17].

Таким чином, очищений біогаз, який в європейській практиці прийнято називати терміном «біометан», технічно можливо подавати до газотранспортної або газорозподільної системи, а виробник очищеного біогазу буде вважатись незалежним виробником природного газу в нерегульованому сегменті.

Однак, в чинному законодавстві України відсутній механізм верифікації біометану для забезпечення його подальшої подачі у газо-транспортну систему та відсутнє визначення поняття «біометан».

З метою вирішення зазначених проблем проектом Закону передбачено внесення змін до ст. 1 Закону України «Про альтернативні види палива» введення понять «гарантія походження біометану», «реєстр біометану», «сертифікат походження біометану».

Крім того, окремими статтями визначено особливості доступу виробників біометану до газотранспортних та газорозподільних систем (ст. 8¹), проведення незалежного аудиту діяльності, пов'язаної з виробництвом біометану (ст. 8⁴), порядок формування походження біометану (ст. 8²), порядок розподілу та анулювання гарантій походження біометану (ст. 8³).

У зв'язку з тим, що статтею 8¹ Закону України «Про альтернативні види палива» будуть визначені особливості доступу виробників біометану до газотранспортних та газорозподільних систем виникає необхідність доповнення статті 19 Закону України «Про ринок природного газу», яка визначає загальні правила доступу до газотранспортних та газорозподільних систем, газосховищ, установок LNG [1,18,19].

Висновки до розділу 1

У 2021 році починається інтенсифікація політичних процесів з питань виробництва і використання біометану. Законопроекти пропонують чіткі механізми регулювання політики у сфері біометану.

Розвиток біометанових проектів в Україні зумовить позитивні макроекономічні ефекти починаючи з 2018–2019 рр. У 2025–2029 рр. додаткове зростання ВВП і випуск промислової продукції може досягати 0,3%. Хоча вітчизняні споживачі не беруть безпосередньої участі у процесах інвестування

цих проектів, побічно загальні економічні ефекти позитивно впливають на рівень реальних доходів населення.

Більш жорстка природоохоронна політика у поєднанні із зобов'язаннями щодо біометану може бути перспективною і в Україні. Необхідно знижувати вартість капіталу, поширювати інформацію про переваги біометанових проектів, пріоритетне приєднання до мережі для виробників електроенергії з біометану, модернізувати електромережі та інфраструктуру, а в довгостроковій перспективі запровадити обов'язкове використання біометану агропромисловими компаніями. Зважаючи на потребу у значних інвестиціях для втілення даних проектів, необхідні подальші дослідження щодо можливостей зацікавленості малого бізнесу у реалізації потенціалу біометану з урахуванням чинних в Україні ставок ЗТ, вартості тепла, а також варіантів залучення кредитних коштів під описані вище проекти.

Враховуючи вище сказане, для виконання даної роботи сформовано наступні завдання:

- провести аналітичний огляд літературних джерел по застосуванню біометану в твердопаливних котлах;
- розробити науковий підхід щодо використання біометану в якості палива;
- дослідити роботи котла Е-1/9-1 на біометані;
- провести порівняльний аналіз роботи котла на різних видах палива;
- виконати модернізацію котельні;
- провести підвищення енергоефективної роботи котла за рахунок автоматизації;
- розробка кошторису;
- розробка заходів з охорони здоров'я та із захисту навколишнього середовища.

2 НАУКОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕТАНУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА

В залежності від регіону України, прослідковується значна варіативність джерел отримання біоенергетичних ресурсів. Це можуть бути як торфові родовища, енергетичні культури, так і відходи переробки деревини, харчової промисловості хімічної та ін.

Одночасно зі значною різноманітністю біомаси існує і значна варіативність методів отримання з неї енергії. Можна розділити способи отримання енергії з біомаси на методи першого рівня: пряме спалювання горючих відходів; та методи другого рівня: переробку низькоякісних відходів у біопаливо більшого потенціалу, наприклад зброджування з отриманням біогазу [1, 19, 22-24]. Мета роботи полягає у виявленні недоліків і переваг спалювання біогазу у водогрійному котлі.

В багатьох роботах розглянуто потенціал використання біометану в Україні, а також оцінка впливу біометанових проєктів на навколишнє середовище [22-24]. Однозначно в цих роботах заявляється, що введення систем переробки відходів на переробних підприємствах є обов'язковим фактором для успішного розвитку економіки України. Спорудження таких структур як біогазова установка (БГУ) призведе не тільки до економічного ефекту у вигляді здешевлення паливних ресурсів, але і до комплексного позитивного ефекту – підвищення екологічної ситуації, зменшення витрат на очистку і утилізацію відходів то що.

Авторами [18] розроблена узагальнена функціональна схема біогазової технології з подальшим виробленням біометану. Узагальнена функціональна схема біометанової технології включає всі можливі технологічні процеси та витрати ресурсів для їх здійснення: використання води, теплової енергії, механічної енергії, процеси анаеробного зброджування; також враховуються процеси зволоження, сушки, подрібнення, сепарації, нагрівання, охолодження і термостабілізації; процеси необхідні для постобробки біогазу в біометан і відходів: відділення сірководню, вуглекислоти, акумулювання метану, наступне використання біометану.

В роботах відзначено [13-15], що для різних об'ємів реактора відповідають різні ключові способи його подальшого використання. Так для отримання біометану доцільне для біогазових комплексів з об'ємом реактора понад 9000 м³, тригенерація – об'єм установок понад 700 м³, когенерація – мінімальний об'єм

біореактора становить 50 м^3 . Використання теплогенераторів з безпосереднім спалюванням в них біогазу може використовуватись для біогазової установки будь-якого типорозміру.

Авторами [16] розроблено варіант біогазової установки з однопрохідним біореактором з локальним фрагментом багатократної циркуляції, яка містить біореактор з газопроводом, встановлені вхідний та вихідний трубопроводи з патрубками, що приєднані до корпусу біореактора, в якому встановлено перегородки між секціями, відповідно стадіям зброджування субстрату, з п-виносними теплообмінниками з ерліфтним методом організації циркуляції субстрату, кожен з них з'єднаний з котлом, який з'єднаний з газопроводом, гідравлічним затвором, газгольдером і фільтром, і трубопроводом для підведення біогазу з компресором, а тяговою трубою - з ємністю-сепаратором, що з'єднаний з біореактором двома відвідними трубами для розподілення циркулюючого субстрату між двома сусідніми секціями, і трубою для відведення газу в газопровід, а підтрубний простір теплообмінників підвідним трубопроводом сполучений з біореактором. Додатково встановлено відвідний трубопровід, з останньої секції зброджування, для повернення частини субстрату у підтрубний простір (n-2) теплообмінника з ерліфтним методом організації циркуляції субстрату.

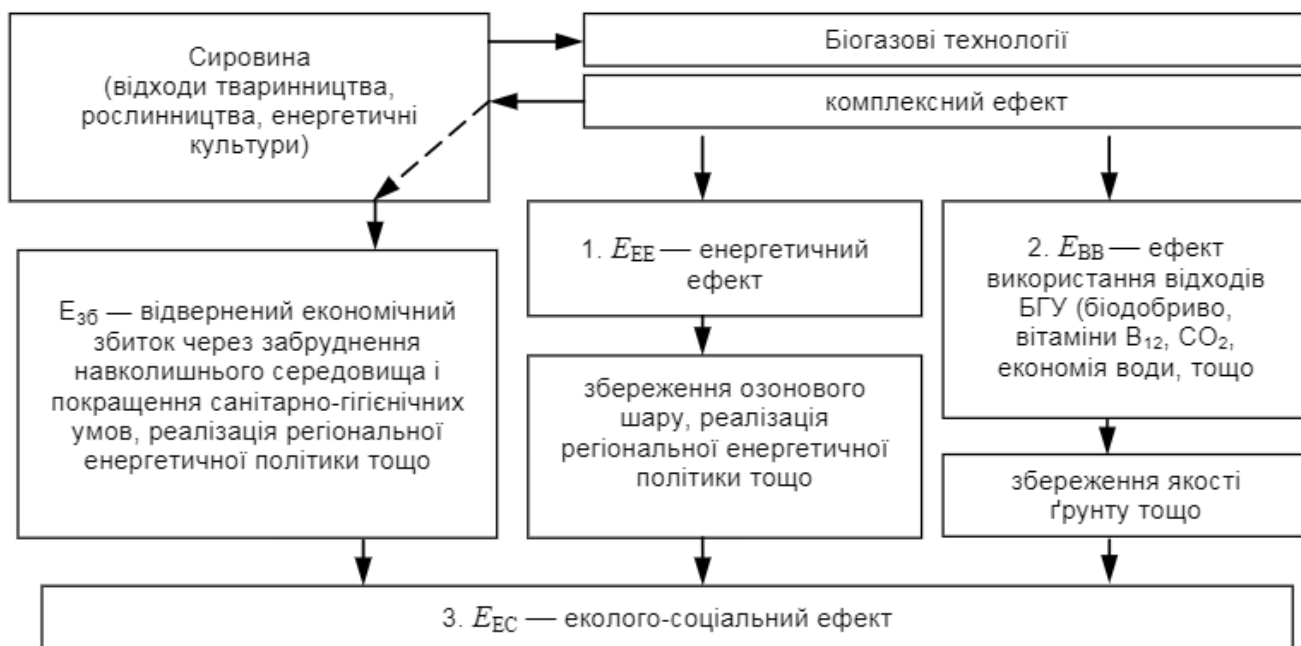


Рисунок 2.1 – Складові комплексного ефекту біометанової технології

Біометанову технологію потрібно розробляти таким чином, щоб отримати потрійний, тобто комплексний ефект, на певному рівні (рис. 2.1). Тому в автори [20, 21] розглянули важливі проблеми, від вирішення яких залежить комплексний ефект біогазової технології: одержання раціональної кількості та якості біогазу і добрив, а також рентабельної реалізації вказаних продуктів, захист навколишнього середовища

Авторами [20, 22] проведено аналіз різних робіт по визначенню комбінації різних типів сировини для максимізації виходу біометану. Виявлено, що за умови додавання залишків силосу у стічні води, вихід біогазу збільшується в 2,7 рази, а при додаванні лушпиння соняшника зменшується на 7%. Зафіксовано також покращення мікробіологічних властивостей та респіраторної активності ґрунту при внесенні збродженої суміші стічних вод та рослинних залишків. Відомі дослідження процесів коферментації відходів тваринництва та рослинництва. Виявлено, що додавання відходів кукурудзи, буряку, пшениці, трави до гною тварин дозволяє збільшити вихід метану з об'єму реактора на 17,6...35,2% у порівнянні зі збродженням гною тварин.

Особливо необхідна для утворення ензимів, які прискорюють процес збродження в БГУ, присутність в сировині органічних та мінеральних живильних речовин, таких як азот, вуглець, сірка, фосфор, калій, кальцій, магній і деяка кількість мікроелементів: заліза, марганцю, молібдену, цинку, кобальту, селену, вольфраму, нікелю тощо [20]. Всі ці речовини в необхідній кількості містяться в рідкому та твердому гної. Достатня їх кількість міститься також в сіні, кукурудзі, харчових відходах, у нутрощах тварин, барді, молочних продуктах, які можуть зброджуватись без додавання інших видів сировини.

Вміст метану в біогазі визначається, в першу чергу, складом сировини. Максимальну його кількість одержують з протеїну — 71%, жирів — 68%, а з вуглеводнів — лише 50% [16, 20]. Тому перевагу віддають сумішам сировини з високим вмістом протеїнів (відходи зерна, буряк, картопля, тощо) та жирів. Ефективність БГУ визначається підбором компонентів за однорідністю і ступенем попереднього їх подрібнення. Останнє впливає на кількість виробленого газу через термін збродження. Великий потенціал відходів рослинництва, очищення і переробки зернової сировини залишається наразі незатребуваним. Це солома зернових, бурякове і картопляне бадилля, рапсова солوماتощо. Отримані в БГУ добрива мають кращі показники, ніж добрива, отримані шляхом компостування, використання вермикультур, біодефекторів, біоферментації, спалювання, газифікації тощо.

Ефективне використання біометану вимагає системного аналізу теплотехнологічної системи підприємства, самої біогазової установки та економічно-правових умов господарської діяльності. Відомі дослідження в яких встановлено, що повернення в технологічний процес біогазової установки рідкої фази (фракції) в кількості 10...50% від одержаної з відп рацьованого субстрату економить до 70% свіжої води за умов стаці-онарного з визначеною періодичністю завантаження біореактора [23]. Аналітичне виявлення рівня впливу цих факторів на співвідношення між трьома названими вище ефектами реалізувати досить складно; тому для цього використовують, в основному, експертні методи.

Авторами [20] проаналізовано переробку відходів на Вінничині. Так встановлено, що річна анаеробна переробка відходів тваринництва та підприємств цукрової та спиртової промисловості Вінницької області дозволить зекономити 0,939 млрдм³ природного газу або 0,498 млн. т нафтового еквівалента. Енергетичний потенціал біометанової технології достатній для покриття енергопотреб Вінниччини за основними видами економічної діяльності. Крім того, заміщення викопних палив біометаном у виробництві електроенергії зменшує викиди парникових газів в атмосферу на 1,82...3,02 млнт CO²-екв. Визначено економічно доцільний потенціал біометанової технології на Вінничині, який складає 545,64 млн м³, або 58% від потенціального річного виходу біометану.

Висновки до розділу 2

Аналіз робіт по використанню альтернативних видів палива показав доцільність їх використання в Україні і в нашому регіоні зокрема. На сьогоднішній день розроблено значну кількість робіт по практичній реалізації альтернативних котелень, ТЕЦ і інших споживачів енергії. Для Вінницької області впровадження альтернативної енергетики у вигляді біометану дасть замінити 0,939 млрдм³ природного газу або 0,498 млн. т нафтового еквівалента.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОТЛА Е-1/9-1 НА БІОМЕТАНІ

Паровий котел Е-1/9-1 призначений для отримання насиченої пари, що використовується як на технологічні потреби підприємств різних галузей, так і для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання різних промислових і побутових об'єктів.

Конструкція котла Е-1/9-1 складається із верхнього і нижнього барабанів, які розташовані на одній вертикальній осі. Барабани з'єднані між собою пучком труб, що утворюють конвективну поверхню нагріву. Топкова камера екранована двома боковими екранами і стелевим екраном. Бокові екрани виконані із прямих труб, що об'єднуються верхніми і нижніми колекторами, які вварені у верхній і нижній барабани відповідно. Стелевий екран частково охоплює фронт котла. Вода подається у верхній барабан. Із верхнього барабану в нижній вода надходить по останніх рядах труб конвективного пучка. Живлення бокових екранів водою відбувається із нижнього барабану по нижніх колекторах. Стелевий екран живиться від фронтального колектору, в який вода надходить по з'єднувальним трубам із нижніх колекторів бокових екранів. Ввід живильної води виконаний у верхній барабан, всередині якого встановлена розподільча труба. Пароводяна емульсія із топкових екранів і конвективного пучка надходить у верхній барабан, де від пари відокремлюється частинки води. Необхідна сухість пари забезпечується сепараційним пристроєм, що встановлюється у верхньому барабані [24-28].

Якщо взяти за основу еколого-соціальний ефект, врахувати енергетичний ефект (заміщення викопного палива і, як наслідок, зменшення шкідливої дії на озоновий шар — зменшення CO₂ - еквівалент з виплатою за Кіотською угодою), ефект через заміщення штучного мінерального добрива біодобривом, то вірогідно виникає попередній висновок про подальше детальніше обґрунтування доцільності спорудження БГУ [25].

Метою даного розділу є тепловий розрахунок парогенератора типу Е-1/9-1 для переведення його на спалення біометану.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести дослідження доцільного варіанту модернізації котельні;
- виконати перевірний тепловий розрахунок котла для спалювання біометану;
- виконати перевірку обладнання та техніко-економічну оцінку прийнятих рішень.

3.1 Вихідні дані для розрахунку

- тип котлоагрегату, що прийнятий для розрахунку – Е-1/9;
- паропродуктивність 1 т/год;
- температура води на вході в котел – 50 °С;
- температура пари на виході з котла – 174 °С;
- тиск пари в барабані – 1 МПа;
- тиск пари на виході – 0,9 МПа;
- температура холодного повітря – 20 °С.

В країнах ЄС фізико-хімічні показники біометану, в залежності від напрямку його використання, регламентуються відповідними національними стандартами, як наприклад, німецький стандарт на біометан, що подається в мережі ПГ DVGW G260/G261, європейський стандарт EN 16726:2015, а з травня 2017 року – ще й європейськими уніфікованими стандартами на біометан EN 16723-1 (для мереж ПГ) та EN 16723-2 (для транспорту). В Україні виробники біогазу можуть подавати його в газотранспортну систему (ГТС), за умови що в місці його передачі до ГТС біогаз за своїми фізико-технічними характеристиками відповідатиме стандартам на природний газ, визначеним Кодексом ГТС.

Паливо: біометан, склад палива приймаємо відповідно до [24]: $\text{CH}_4=98,9\%$; $\text{C}_2\text{H}_6=0,3\%$; $\text{C}_3\text{H}_8=0,1\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10}=0,1\%$; $\text{N}_2=0\%$; $\text{CO}_2=0,2\%$; $W^p = 0,4 \%$. Розрахунковий коефіцієнт надлишку повітря в топковій камері $\alpha_T''=1,05$.

3.2 Розрахунок процесу горіння палива

Теоретична кількість повітря, необхідного для повного спалювання 1 м³ газоподібного палива

$$V^0 = 0,0476 \left[\left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n \right] [\text{M}^3/\text{M}^3], \quad (3.1)$$

$$V^0 = 0,0476 \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 98,9 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 0,3 + \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 0,1 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,1 \right] = 9,52 (\text{M}^3 / \text{M}^3).$$

де m – число атомів вуглецю;

n – число атомів водню.

Об'єм трьохатомних газів, який утворився в результаті окислення 1 м³ газоподібного палива з киснем повітря

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01(\text{CO}_2 + \sum m \cdot C_m H_n) \text{ [M}^3/\text{M}^3], \quad (3.2)$$

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01(0,2 + 1 \cdot 98,9 + 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1) = 1,004 \text{ (M}^3/\text{M}^3).$$

Теоретичний об'єм азоту, що виник в результаті спалювання 1 м³ палива і внесеного з повітрям в топкову камеру

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79V^0 + \frac{N_2}{100} \text{ [M}^3/\text{M}^3], \quad (3.3)$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot 9,52 + 0 = 7,52 \text{ (M}^3/\text{M}^3).$$

Теоретичний об'єм водяних парів, що утворився в результаті окислення водню палива, занесеного з повітрям в топкову камеру і парів, що виділились із самого палива

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \left(\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \sum \left(\frac{n}{2} \cdot C_m H_n \right) + 0,124 \cdot d_{\text{Г.ТЛ}} \right) + 0,0161 \cdot V^0 \text{ [M}^3/\text{M}^3], \quad (3.4)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \left(\frac{4}{2} \cdot 98,9 + \frac{6}{2} \cdot 0,3 + \frac{8}{2} \cdot 0,1 + \frac{10}{2} \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10 \right) + 0,0161 \cdot 9,52 = 2,17 \text{ (M}^3 / \text{M}^3).$$

Теплота згорання біометану

$$\begin{aligned} Q_{\text{H}}^{\text{P}} = & 108 \cdot \text{H}^{\text{P}} + 126 \cdot \text{CO}^{\text{P}} + 234 \cdot \text{H}_2\text{S}^{\text{P}} + 358 \cdot \text{CH}_4^{\text{P}} + 591 \cdot \text{C}_2\text{H}_4^{\text{P}} + \\ & + 638 \cdot \text{C}_2\text{H}_6^{\text{P}} + 860 \cdot \text{C}_3\text{H}_8^{\text{P}} + 1135 \cdot \text{C}_4\text{H}_8^{\text{P}} + 1187 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{P}} + \\ & + 1461 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12}^{\text{P}} + 1403 \cdot \text{C}_6\text{H}_6^{\text{P}} \text{ [кДж / M}^3], \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$Q_n^p = 108 \cdot 0 + 126 \cdot 0 + 234 \cdot 0 + 358 \cdot 98,9 + 591 \cdot 0 + \\ + 638 \cdot 0,3 + 860 \cdot 0,1 + 1135 \cdot 0 + 1187 \cdot 0,1 + \\ + 1461 \cdot 0 + 1403 \cdot 0 = 35802 \text{ (кДж / м}^3\text{)}.$$

За даними характеристик камерних топок і нормативних значень присмоктувань в газоходах парогенератора величини коефіцієнтів надлишку повітря α в поверхнях нагріву зводимо в табл. 3.1. Розрахунки об'ємів продуктів згорання палива і часток газів зводимо в табл. 3.2.

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

Ділянки газового тракту парогенератора	$\Delta \alpha$	α''
Топка	0,05	1,1
Конвективна частина	0,05	1,15

Таблиця 3.2 – Середні характеристики продуктів згорання в газоходах

Назва величини і розрахункова формула	Позначення	Од. вим.	$V^o = 9,52 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad V_{RO_2} = 1,004, \text{ м}^3/\text{м}^3$ $V_{N_2}^o = 7,52, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad V_{H_2O}^o = 2,17, \text{ м}^3/\text{м}^3$	
			Ділянки газоходу котла	
			Топка	Конвективний пучок
1	2	3	4	5
Присмокти повітря	$\Delta \alpha$	-	0,05	0,1
Розрахунковий коефіцієнт надлишку повітря після ступені	α_T	-	1,10	1,2
Надлишкова кількість $V_{R2}: V^o_{N_2} + (a-1)V^o$	V_{R2}	$\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	8,472	9,424
Об'єм водяних парів: $V_{H_2O}^o + 0.0161 (a-1)V^o$	V_{H_2O}	$\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	2,185	2,201
Повний об'єм продуктів спалювання: $V_{H_2O} + V^H + V_{N_2}^o + V_{RO_2}$	V_r	$\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	11,661	12,629

Продовження таблиці 3.2 – Середні характеристики продуктів згорання

1	2	3	4	5
Об'ємна доля трьох- атомних газів: $V_{\text{RO}_2}/V_{\text{r}}$	r_{RO_2}	-	0,086	0,080
Об'ємна доля водяних парів $V_{\text{H}_2\text{O}}/V_{\text{r}}$	$r_{\text{H}_2\text{O}}$	-	0,187	0,174
Сумарна об'ємна доля: $r_{\text{RO}_2}+r_{\text{H}_2\text{O}}$	r_{n}	-	0,273	0,254

Таблиця 3.3 – Ентальпії теоретичного об'єму повітря та димових газів, кДж/м³

Θ , °C	$V_{\text{RO}_2} = 1,004, \text{ м}^3/\text{м}^3$ $V_{\text{N}_2}^0 = 7,52, \text{ м}^3/\text{м}^3$ $V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 2,17, \text{ м}^3/\text{м}^3$ $V^0 = 9,52 \text{ м}^3/\text{м}^3$				
	$I_{\text{RO}_2}^0 = V_{\text{RO}_2} (c\theta)_{\text{RC}}$	$I_{\text{N}_2}^0 = V_{\text{N}_2}^0 (c\theta)_{\text{N}_2}$	$I_{\text{H}_2\text{O}}^0 = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 (c\theta)_{\text{H}_2\text{O}}$	$I_{\text{п}}^0 = V^0 (c\theta)_{\text{п}}$	$I_{\text{r}}^0 = I_{\text{RO}_2}^0 + I_{\text{N}_2}^0 + I_{\text{H}_2\text{O}}^0$
1	2	3	4	5	6
100	170	978	328	1257	1475
200	358	1955	660	2532	2973
300	561	2948	1005	3837	4514
400	775	3963	1358	5160	6097
500	1000	4993	1723	6512	7716
600	1227	6046	2098	7902	9371
700	1467	7114	2489	9320	11070
800	1711	8219	2897	10758	12827
900	1959	9347	3307	12195	14613
1000	2211	10483	3743	13671	16437
1100	2467	11618	4177	15184	18262
1200	2728	12746	4624	16698	20099
1300	2988	13912	5086	18383	21986
1400	3253	15108	5551	19764	23912
1500	3518	16273	6030	21315	25822
1600	3782	17469	6512	22877	27763
1700	4051	18665	7003	24428	29718
1800	4320	19868	7504	25980	31692
1900	4589	21094	8003	27579	33686
2000	4862	22289	8519	29169	35671
2100	5135	23515	8997	30835	37647

Таблиця 3.4 – Ентальпії повітря і продуктів згорання (I – 9 таблиця)

q, °C	I ^o _г , кДж/кг	I ^o _в , кДж/кг	Топка		Конвективний пучок	
			a _г = 1,10		a _г = 1,2	
			I	ΔI	I	ΔI
100	1475	1257			1726	1753
200	2973	2532			3480	1801
300	4514	3837			5281	1847
400	6097	5160			7129	1890
500	7716	6512			9019	1933
600	9371	7902			10952	1982
700	11070	9320			12934	2045
800	12827	10758	13903	1930	14979	2074
900	14613	12195	15833	1971	17052	2119
1000	16437	13671	17804	1977	19171	2128
1100	18262	15184	19781	1987	21299	
1200	20099	16698	21768	2056		
1300	21986	18383	23825	2063		
1400	23912	19764	25888	2065		
1500	25822	21315	27953	2098		
1600	27763	22877	30051	2110		
1700	29718	24428	32161	2129		
1800	31692	25980	34290	2154		
1900	33686	27579	36444	2144		
2000	35671	29169	38588	2143		
2100	37647	30835	40731			

Далі виконаємо розрахунок теплового балансу котла на біометані і біогазі. Отримані дані зведені в табл. 3.5.

Приймаємо для 2-х випадків однакові початкові дані: потужність котла, параметри пари, температуру живильної води. Оскільки біометан очищений від сірки тому на низькотемпературних поверхнях нагріву не виникає значних корозійних ефектів і температуру відхідних газів можна підтримувати на більш низькому рівні.

Таблиця 3.5 – Показники роботи котла на біогазі і біометані.

Параметр	Од. виміру	Значення	
		Біогаз	Біометан
Температура відхідних газів	°С	330	130
Температура холодного повітря	°С	20	20
Втрати теплоти з відхідними газами	%	16,3	5,9
Втрати теплоти через обмурівку котла	%	3,2	3,2
ККД котлоагрегату	%	80	90,4
Коефіцієнт збереження теплоти	---	0,962	0,962
Паровидатність агрегату	кг/с	0,28	0,28
Величина продувки	%	3	3
Теплова потужність котлоагрегату	кВт	723	723
Розрахункова витрата палива	м ³ /с	0,0436	0,0223

Отже, як видно з розрахунку, за умов використання в якості палива біометану при однакових початкових умовах збільшується коефіцієнт корисної дії котла. Збільшення складає 10,4%. В умовах довгострокової роботи використання біометану призводить до економії 705 тис.куб м за сезон природного газу.

3.5 Розрахунок основних складових системи отримання біометану

Для забезпечення парового котла біометаном планується використовувати сироватку, яка є продуктом переробки молока. В загальному теплова енергія біометану використовується на виробництво пари, електроенергії, високопотенційних димових газів та підігріву теплообмінної води низького потенціалу. Частина теплоти іде на підігрів метантенків, а інша – використовується у виробництві. Для зменшення кількості біометану, що йде на самозабезпечення теплом процесів, доцільно використовувати теплоту відпрацьованої суміші із біореактора.

Для підтримання температурного режиму в метантенку використовують різні теплообмінні апарати, грійним теплоносієм може бути відпрацьована сироватка (зброджена), яка віддає тепло свіжій сироватці, попередньо підігріта/охолоджена вода, повітря та ін. Під час проектування теплообмінного обладнання необхідно визначати коефіцієнти тепловіддачі, для чого потрібні теплофізичні властивості суміші.

Сироватка є складним багатокомпонентним середовищем. Теплофізичні властивості сироватки не досліджені, змінюються в процесі технологічної обробки в БГУ, в значній мірі залежать від температури і вмісту сухих речовин.

Необхідно провести оцінку можливості застосування системи по виробництву біогазу та його подальшій реалізації для отримання енергії.

Процес анаеробного зброджування може протікати при температурі від 25 до 55 °С. Оскільки, ми маємо сироватку із температурою 20...25 °С, то її необхідно нагріти до заданої температури. Для економії місця для біогазової установки (БГУ) та зменшення технологічного циклу зброджування приймаємо температуру зброджування $t_{36} = 55$ °С та період зброджування біомаси 14 діб [21].

Проблему підігріву сироватки вирішуємо шляхом установки теплообмінників утилізаторів. Важливою умовою виробництва біогазу є необхідність підтримувати постійну температуру органічної суміші у реакторі, при чому із підвищенням температури зброджування допустимі коливання цієї температури зменшуються і для $t_{36} = 55$ °С становить $\pm 0,5$ °С. Розрахунок виходу біогазу проводимо за методикою [23].

Необхідними початковими даними є:

- температура процесу бродіння, $t_{36} = 55$ °С;
- вологість сироватки, $W = 94$ %;
- зольність сухої органічної сировини, $A = 18$ %.

Добовий вихід біогазу, м³/(м³·доба)

$$V_B = \frac{B \cdot S}{\tau} \left(1 - \frac{K}{\tau \cdot \mu_m - 1 + K} \right), \quad (3.1)$$

де B – максимальний вихід біогазу, приймаємо 0,43 м³/кг [23];

S – концентрація органічних речовин у завантажувальній сировині, кг/м³;

τ – час бродіння, доба.

Визначаємо максимальну швидкість мікроорганізмів, доба⁻¹

$$\mu_m = 0,0013 \cdot t_{36} - 0,129. \quad (3.2)$$

Кінематичний коефіцієнт

$$K = K_r (\mu_m \cdot S - d) / (B \cdot S - K_r \cdot d), \quad (3.3)$$

де K_r – коефіцієнт пропорційності,

$$K_r = (38 \cdot S - 205) \cdot \varphi / (100 \cdot (t_{36} - 17,8)), \quad (3.4)$$

де φ – поправочний коефіцієнт, згідно [23] для наших умов $\varphi = 1$.

Концентрація органічних речовин, кг/м³

$$S = \rho_c \cdot (100 - W) \cdot (100 - A) \cdot 10^{-4}, \quad (3.5)$$

де ρ_c – густина сироватки, приймаємо 1082 кг/м³ [22, 24].

$$S = 1082 \cdot (100 - 94) \cdot (100 - 18) \cdot 10^{-4} = 53,2 \text{ (кг/м}^3\text{)},$$

$$K_r = (38 \cdot 53,2 - 205) \cdot 1 / (100 \cdot (55 - 17,8)) = 0,49,$$

$$\mu_m = 0,013 \cdot 55 - 0,129 = 0,586,$$

$$K = 0,49 \cdot (0,586 \cdot 53,2 - 53,2 / 14) / (0,43 \cdot 53,2 - 0,49 \cdot 53,2 / 14) = 0,638,$$

Нам відомо, що для забезпечення біогазом котла необхідно $0,0436 \text{ м}^3/\text{с}$ біогазу. Це становить $156,9 \text{ м}^3/\text{добу}$ біогазу. Добовий вихід біогазу за наших умов буде становити

$$V_B = \frac{0,43 \cdot 53,2}{14} \left(1 - \frac{0,638}{14 \cdot 0,586 - 1 + 0,638} \right) = 1,5 \text{ (м}^3/\text{(м}^3 \cdot \text{доба))}.$$

Об'єм сироватки для отримання біогазу, з запасом 5%

$$V_p = V_{\text{бр}} / V_B, \quad (3.6)$$

$$V_p = 156,9 / 1,5 = 104,6 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Маса відходів, яка необхідна для зброджування

$$m_{\text{с}} = V_p \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \tau, \quad (3.7)$$

$$m_{\text{с}} = 104,6 \cdot 1082 \cdot 14 = 1584480 \text{ (кг/період)}.$$

Отже секундна витрата сироватки буде складати $G_6 = 1,31 \text{ кг/с}$.

Затрачена на нагрів сироватки теплова потужність

$$Q_n = G_6 \cdot C_p \cdot (t_{\text{зб}} - t_{\text{п}}), \quad (3.8)$$

де C_p – теплоємність сироватки, приймаємо $3,3 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ [], $t_{\text{п}}$ – початкова температура сироватки, °С.

$$Q_n = 1,31 \cdot 3,3 \cdot (32 - 25) = 30,3 \text{ (кВт)}.$$

Енергія сироватки, яка одночасно перебуває в реакторі відносно до нормальних умов

$$E = m_{\text{с}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{зб}} - t_{\text{н.у}}), \quad (3.9)$$

$$E = 1584480 \cdot 3,3 \cdot (32 - 0) = 167321088 \text{ (кДж/період)}.$$

Приймаємо, що наш реактор добре ізольований і ефективність ізоляції становить 98%. Тоді, енергія затрачена на термостабілізацію

$$E_T = E \cdot (1-\eta), \quad (3.10)$$

$$E_T = 167321088 \cdot (1-0,98) = 3346422 \text{ (кДж/період)}.$$

Отже, для забезпечення термостабілізації БГУ за розрахунковий період необхідно витратити 3,35 ГДж енергії.

3.6 Аналіз обладнання для котельні

Розглянемо 3 варіанти влаштування котельні: переведення котла на спалювання деревини, біогазу і переведення котла на спалювання біометану.

За першим варіантом в котельні запропоновано встановити паровий котел на твердому паливі (відходи деревини, рослинницькі відходи) паровидатністю 1 т/год або 0,278 кг/с. Тиск насиченої пари 0,9 МПа. Це параметри найбільш розповсюджених парових котлів на низьких параметрах пари. До встановлення пропонується котел Е-1,0-0,9РЗ (Э), який виготовляється в м. Монастирище (Україна, Черкаська обл.). Номінальна паровидатність 1 т/год, потужність 700 кВт, робочий тиск 0,8 МПа, паливо спалюється в передтопку з похилою нерухомою колосниковою решіткою і механізованим шнековим подаванням, ККД котла не менше 75%, встановлена електрична потужність котла 6 кВт, маса 4500 кг, габаритні розміри 4600x2200x3000 мм.

За другим варіантом необхідно встановити біогазову установку та обладнати котел пальником для біогазу. Третій варіант передбачає систему очищення біогазу до біометану.

З підприємства надходить суміш відходів органічного походження із масовою витратою 1584,5 т/період. Проектом передбачається спорудження резервуару для 14-ти денного запасу відходів, з метою зберігання продукту у випадку аварії чи зупинки реактора. Тоді загальний об'єм ємностей

$$V_{\text{рез}} = \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \cdot \tau, \quad (3.11)$$

де τ – час зберігання відходів, діб

$$V_{\text{рез}} = \frac{1584,5 \cdot 1000}{1082} = 1464 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Виконуємо резервуар для зберігання барди у вигляді ставка відстійника бетонованого по периметру. Вартість спорудження 1 м³ ємності становить $V_{\text{к}} = 1000$ грн [39].

Тоді вартість виривання котловану і його спорудження

$$Ц_{\text{р}} = V_{\text{рез}} \cdot V_{\text{к}}, \quad (3.12)$$

$$Ц_{\text{р}} = 1464 \cdot 1000 = 1464000 \text{ (грн)}.$$

Продуктом біогазової установки окрім біогазу є високоякісні біодобрива. Для їх зберігання перед перевезенням і продажом необхідно організувати спеціалізовані ємності.

Розрахуємо об'єм відходів, які утворюються після біогазової установки

$$V_{\text{в}} = (m_{\text{б}} - V_{\text{бг}} \cdot \rho_{\text{бг}}) / \rho_{\text{б}}, \quad (3.13)$$

де $V_{\text{бг}}$ – об'єм біогазу, який виходить з БГУ за добу;

$\rho_{\text{бг}}$ – густина біогазу, 1,158 кг/ м³ [23].

$$V_{\text{в}} = (1584500 / 14 - 156,9 \cdot 1,158) / 1082 = 104,4 \text{ (м}^3\text{/добу)}.$$

Маса відходів (тверда і рідка фракція) становить $M_{\text{в}} = 104,4$ т/добу.

Вологість відходів становить $W = 94\%$. Тоді маси рідкої і твердої фракції відповідно

$$M_{\text{р}} = M_{\text{в}} \cdot W, \quad (3.14)$$

$$M_{\text{р}} = 104,4 \cdot 0,94 = 98,1 \text{ (т/добу)},$$

$$M_{\text{т}} = M_{\text{в}} - M_{\text{р}}, \quad (3.15)$$

$$M_{\text{т}} = 104,4 - 98,1 = 6,26 \text{ (т/добу)}.$$

Об'єм, який будуть займати органічні відходи за умови, що густина твердої фракції $0,4 \dots 0,7 \text{ кг/м}^3$ [40], густина рідкої фракції 1020 кг/м^3 [24], відповідно для твердої і рідкої фракції становить 3130 м^3 і $96,2 \text{ м}^3$.

Вартість спорудження резервуару для триденного зберігання рідких органічних відходів розраховуємо за 3.1 – 3.2 і вона становить 1,1 млн. грн.

Вартість складського полігону зберігання твердих відходів за умов вартості спорудження критого складу 3200 грн/м^2 і прийнявши висоту заповнення 3 метри, становить для триденного запасу $C_{\text{ск}} = 2245000 \text{ грн}$.

Для розділення твердої та рідкої фракції використаємо сепаратор-зневоджувач шнековий СОШ-270 з продуктивністю по вхідному продукту $10 \text{ м}^3/\text{год}$, електричною потужністю приводу $7,5 \text{ кВт}$ [42]. Годинна витрата відходів становить $17,7 \text{ м}^3/\text{год}$, отже встановлюємо 2 установки.

Вартість одного сепаратора 260000 грн , повна вартість системи відділення фракції складає $C_{\text{сеп}} = 520000 \text{ грн}$.

Підбір газгольдера

Газгольдери для біогазу можна розділити на газгольдери низького і високого тиску. Газгольдери низького тиску, сухі і вологі ($0,01$ - $0,05 \text{ кгс / см}^2$). Окремо стоячі газгольдери низького тиску коштують більше і виправдані тільки в разі великої відстані (мінімум 50 - 100 м) від установки до використовуючих біогаз приладів. Такі газгольдери також використовуються для пом'якшення різниці між щоденним виробництвом і використанням газу.

Газгольдери середнього (8 - 10 кгс / см^2) і високого (200 кгс / см^2) тиску. Газ в такі газгольдери закачується за допомогою компресора.

Розраховуємо газгольдер середнього тиску. Виробники їх пропонують у вигляді сфери або напівсфери. Тиск зберігання газу до $0,7 \text{ МПа}$. Використаємо сферу з максимальною ємністю 10000 м^3 [43]. Відповідно для 14 -ти денного запасу достатньо буде 2 -х сфер. Вартість однієї сфери 60000 грн . Вартість 2 -ми сфер $C_{\text{сф}} = 0,12 \text{ млн. грн}$.

Для перекачування біогазу необхідно встановити компресор. Годинна витрата біогазу становить $6,54 \text{ м}^3/\text{год}$, отже вибираємо компресор німецького виробництва марки $КС5,5(G)$ з продуктивністю $45 \text{ м}^3/\text{год}$, робочим тиском 7 атм і електричною потужністю $5,5 \text{ кВт}$ [44].

Вартість перекачування біогазу до газгольдера складе 282 грн/добу . Річні витрати коштів на перекачування біогазу складуть $C_e = 102,6 \text{ тис. грн/рік}$, за умови експлуатації установки 10 років, загальні капітальні витрати складуть $1,03 \text{ млн. грн}$.

Підбір реактора зброджування

Відходи певний час перебувають в установці анаеробного зброджування, де відбувається їхнє перемішування і утворення біогазу. Зазвичай процес проходить в одному реакторі, але деякі розробники технологій і обладнання пропонують установки багатоступеневого зброджування.

В якості реактора вибираємо реактор китайського виробництва «Shenzhen USG Technology Co., Ltd», модель PX-ABS-260m³. Реактор являє собою циліндричну ємність, виконану з поліетилену, нержавіючої сталі та ПВХ. Установка розміщується на бетонному фундаменті і призначена для будь-якого виду сировини для зброджування [45].

Ємність установки 260 м³, для забезпечення роботи системи необхідно встановити 6 реакторів з загальною ємністю 1560 м³. Вартість спорудження біогазових реакторів складає $C_{\text{бгр}} = 18$ млн. грн.

Висновки до розділу 3

В даному розділі розрахований парогенератор Е-1/9-1, що працює на біометані. Розрахований котел має універсальну конструкцію що дозволяє ефективно використовувати отриману енергію. Проведені розрахунки об'ємів та ентальпій повітря та продуктів згорання, теплового балансу, топки та конвективного пучка. В проекті також розраховано потужність котлоагрегату, яка дорівнює 723 кВт, коефіцієнт корисної дії 90,4 %, витрату палива, що дорівнює 0,0223 м³/с. За умов використання в якості палива біометану при однакових початкових умовах збільшується коефіцієнт корисної дії котла. Збільшення складає 10,4%. В умовах довгострокової роботи використання біометану призводить до економії 705 тис.куб м за сезон природного газу.

Використання біометану як заміни природного газу чи іншого викопного палива призводить до зменшення CO₂ – еквівалент – тобто зменшує загальний вплив на озоновий шар планети і техногенне навантаження від забруднення.

4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ КОТЛА НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

В даній роботі розглянуто застосування біогазу та біометану отриманого з продуктів переробки молока в твердопаливних котлах. Біогаз отримуємо з молочної сироватки. Температуру зброджвання обираємо $t_{36} = 55$ °С, оскільки сироватка надходить з надлишковою температурою. Надлишкову температуру планується використовувати для термостабілізації реактора та внутрішніх потреб установки. Нам відомі наступні вхідні дані: температура процесу бродіння, $t_{36} = 55$ °С; вологість сироватки, $W = 94$ %; зольність сухої органічної сировини, $A = 18$ %.

Добовий вихід біогазу, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{доба})$

$$V_B = \frac{B \cdot S}{\tau} \left(1 - \frac{K}{\tau \cdot \mu_m - 1 + K} \right), \quad (4.1)$$

де B – максимальний вихід біогазу, приймаємо $0,43$ $\text{м}^3/\text{кг}$ [36];

S – концентрація органічних речовин у завантажувальній сировині, $\text{кг}/\text{м}^3$;

τ – час бродіння, доба.

Максимальна швидкість мікроорганізмів – μ_m , (доба^{-1}), кінематичний коефіцієнт – K , визначаємо відповідно до [36].

Для порівняння розглянемо наступні варіанти роботи котла: спалювання деревини і спалювання біогаз.

Розглянемо котел на твердому паливі: відходи деревини, рослинницькі відходи, паровидатність 1 т/год або $0,278$ $\text{кг}/\text{с}$. Тиск насиченої пари $0,9$ МПа. Це параметри найбільш розповсюджених парових котлів на низьких параметрах пари. До встановлення пропонується котел Е-1,0-0,9РЗ (Э), який виготовляється в м. Монастирище (Україна, Черкаська обл.). Номінальна паровидатність 1 т/год, потужність 700 кВт, робочий тиск $0,8$ МПа, паливо спалюється в передтопку з похилою нерухомою колосниковою решіткою і механізованим шнековим подаванням, ККД котла не менше 75% , встановлена електрична потужність котла 6 кВт, маса 4500 кг, габаритні розміри $4600 \times 2200 \times 3000$ мм.

Для розрахунку економічного ефекту від впровадження системи БГУ + котел для спалювання біогазу враховано витрати на спорудження резервуарів для триденного зберігання відходів, сепаратор для розділення фракцій, газгольдер,

компресор біогазу і безпосередньо реактор для зброджування. Вартість комплектуючих обрано відповідно до [39-45].

Занесемо отримані дані у таблицю для порівняння з використанням в якості палива деревини. Дані у таблиці представимо відповідно для однієї доби, для зручності порівняння. Математична модель розрахунку техніко-економічних показників наведена в додатку В.

Таблиця 4.1 – Результати варіантного аналізу

№	Показник	Од. виміру	Деревина	Біогаз	Біометан
1	2	3	4	5	6
1	Вартість закупівлі, грн	грн /кг грн / м ³	2	0	0
2	Витрати на паливо	грн	9000	0	0
3	Вироблення теплоти котлами	ГДж	52,8	52,8	52,8
4	Витрата енергії на сушку деревини	ГДж	16,55	---	---
5	Витрата енергії на забезпечення теплового режиму БГУ	ГДж		2,618+0,239= =2,86	2,618+0,239= =2,86
6	Корисно використана енергія	ГДж	36,25	49,9	49,9
7	Відношення корисно використаної енергії до виробленої в котлі		0,687	0,945	0,952
8	Капітальні вкладення в модернізацію котельні	млн.грн	13,5	23,45	25,0
9	Річні експлуатаційні витрати	млн.грн	2,9	1,76	1,9
10	Кошти від реалізації енергії	млн.грн	3,97	5,46	5,46
10	Термін окупності		12,6	6,34	7,0

	капітальних вкладень				
--	-------------------------	--	--	--	--

Отже, за терміном окупності капітальних вкладень доцільновикористовувати як біогаз так і біометан. Встановлення БГУ з біометаном вимагає значних капітальних затрат, проте є перспектива в зменшенні витрат на утилізацію відходів, отримуємо практично безкоштовне паливо та в перспективі реалізуємо високоякісні добрива. Використання біогазу має переваги не тільки в економічному сенсі, шляхом заміщення природного газу, але і як метод покращення екологічної обстановки та використання незадіяних енергетичних джерел, які, нажаль, перебувають зараз у вигляді сміттєзвалищ і займають площу 7% від загальної території України. Заміщення природного газу складає 705 тис м³ /рік, що зменшить техногенне навантаження на навколишнє середовище і зменшує залежність від імпортного газу.

Висновки до розділу 4

За терміном окупності капітальних вкладень доцільніше використовувати встановлення біометанової котельні. Встановлення системи з виробництвом і використанням біометану вимагає значних капітальних затрат, проте є перспектива в зменшенні витрат на утилізацію відходів, отримуємо практично безкоштовне паливо та в перспективі реалізуємо високоякісні добрива. Тому для встановлення використовуємо саме варіант з БГУ.

5 МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Аналіз об'єкту модернізації

За умов роботи котельні виділяється значна кількість теплоти у вигляді відхідних газів. Також в газах можуть бути забрудники в газоподібному і твердому стані, водяна пара. Дану проблему вирішують застосовуючи системи охолодження і очистки димових газів.

Основне призначення утилізаторів – повернути енергію у цикл виробничого процесу та підвищити ефективність роботи котельні. Загалом використання утилізаторів може дати економію в розмірі до 20%.

На сьогодні використовуються значна кількість установок з різноманітними конструкціями і призначеннями:

- загальноутилізаційні установки;
- утилізатори для перетворення надлишкової теплоти в пару для виробничих потреб;
- утилізатори дизельних генераторів;
- котли-утилізатори, призначені для досягнення комплексного ефекту з утилізації тепла і вироблення нового;
- утилізатори тепла супутних газів;
- інші утилізатори.

Сумарна економія енергії визначається зниженням температури відхідних газів, конденсації із них водяних парів, утилізації теплоти випара деаератора. Частковий обхід гарячих газів використовується для попередження конденсації водяних парів в газоходах і димовій трубі. На рис. 5.1 зображено принципову схему обходу відхідних після котла газів.

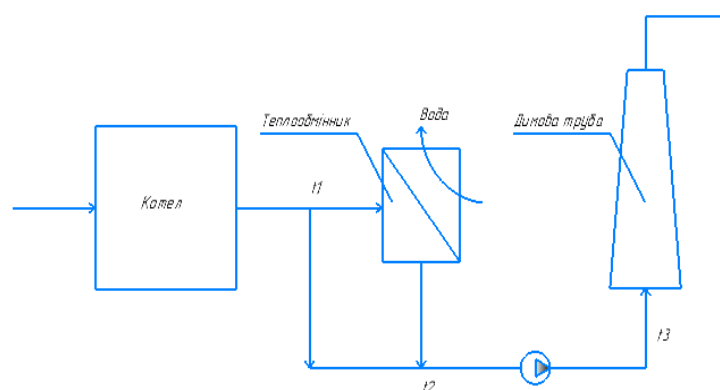


Рис. 5.1 – Принципова схема обходження димових газів після котла

З рис. 5.1 видно, що поділ на два потоки відхідних із котла газів, маючи температуру t_1 , дозволяє шляхом охолодження і осушення одного із них в конденсаційному теплообміннику до t_2 мати після змішування більше низькі значення температури t_3 .

Дана методика роботи нам не підходить, тому що паливом в такому методі є природний газ. В нашому випадку паливо – деревина, при застосуванні даного способу ми отримаємо забруднення поверхні.

На рис. 5.2 зображено принципову схему без часткового обходження відхідних після котла газів, яка в даному випадку є раціональною для розробленого теплоутилізатора.

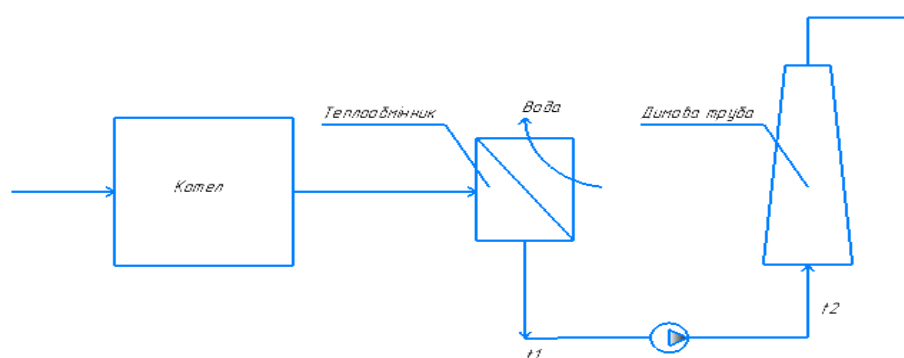


Рис. 5.2 – Принципова схема без оходження димових після котла газів

Особливістю процесів глибокого охолодження парогазових сумішей є їх кількість внаслідок конденсації частини водяних парів.

5.2 Проектний розрахунок теплообмінного апарату

5.2.1 Вихідні дані для розрахунку

– температура води, що гріється на вході, $t_1' = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;

- температура води, що гріється на виході, $t_1'' = 90$ °C;
- температура відхідних газів на вході, $t_2' = 330$ °C;
- температура відхідних газів на виході, $t_2'' = 150$ °C;
- витрата робочого палива на котел $B_p = 0,056$ кг/с.

5.2.2 Тепловий розрахунок

Середня температура води

$$\bar{t}_1 = 0,5(t_1' + t_1''), \quad (5.1)$$

$$\bar{t}_1 = 0,5(30 + 90) = 60 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплофізичні властивості води для середньої температури [14]:
 $\rho_B = 983,2$ кг/м³; $C_{pB} = 4,178$ кДж/(кг·К); $\lambda_B = 0,659$ Вт/(м·К); $\nu_B = 0,478 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $Pr_B = 2,98$.

Об'ємна витрата газів

$$Q_r = \frac{B_p \cdot \beta \cdot V_r \cdot (273 + t_2'')}{273}, \quad (5.2)$$

$$Q_r = \frac{0,056 \cdot 1,1 \cdot 5,93 \cdot (273 + 150)}{273} = 0,566 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Середня температура відхідних газів

$$\bar{t}_1 = 0,5(t_1' + t_1''), \quad (5.3)$$

$$\bar{t}_2 = 0,5(330 + 150) = 240 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплофізичні властивості газів для середньої температури [14]:
 $\rho_r = 0,6956 \text{ кг/м}^3$; $C_{pr} = 1,107 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$; $\lambda_r = 0,04342 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\nu_r = 38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
 $Pr_r = 0,66$.

Масова витрата газів

$$G_r = Q_r \cdot \rho_r, \quad (5.4)$$

$$G_r = 0,566 \cdot 0,6956 = 0,4 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність теплообмінного апарату

$$Q_{ТА} = G_r \cdot C_{pr} \cdot (t'_2 - t''_2),$$

$$Q_{ТА} = 0,4 \cdot 1,107 \cdot (330 - 150) = 80 \text{ (кВт)}.$$

Витрата води

$$G_b = \frac{Q_{ТА}}{C_{pb} (t''_1 - t'_1)}, \quad (5.5)$$

$$G_b = \frac{80}{4,178 \cdot (90 - 30)} = 0,32 \text{ (кг/с)}.$$

Різниця температур між теплоносіями

– більша

$$\Delta t_{\delta} = t'_{2} - t'_{1}, \quad (5.6)$$

$$\Delta t_{\delta} = 330 - 30 = 300 \text{ (}^{\circ}\text{C)},$$

– менша

$$\Delta t_{\text{M}} = t''_{2} - t''_{1}, \quad (5.7)$$

$$\Delta t_{\text{M}} = 150 - 90 = 60 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Середній температурний напір для протитечії

$$\Delta t_{\text{пр}} = (\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{M}}) / \ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{M}}), \quad (5.8)$$

$$\Delta t_{\text{пр}} = (300 - 60) / \ln(300/60) = 149 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Швидкість газового потоку

$$\omega_{\text{r}} = \frac{B_{\text{p}} \cdot V_{\text{r}} \cdot (273 + t_{\text{cp}})}{273 \cdot F_{\text{r}}}, \quad (5.9)$$

$$\omega_{\text{r}} = \frac{0,056 \cdot 5,93 \cdot (273 + 240)}{273 \cdot 0,04} = 15,6 \text{ (м/с)}.$$

Критерій Рейнольдса газового потоку

$$\text{Re}_{\text{r}} = w_{\text{r}} \cdot d_{\text{B}} / \nu_{\text{r}}, \quad (5.10)$$

$$Re_r = 15,6 \cdot 0,04 / (38 \cdot 10^{-6}) = 16421.$$

Приймаємо зовнішній і внутрішній діаметри за ГОСТ 3262-75.

Критерії Нуссельта для газів за

$$Nu_r = 0,021 \cdot Re_r^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr / Pr_{ст})^{0,25} \cdot \varepsilon_1, \quad (5.11)$$

$$Nu_r = 0,021 \cdot 16421^{0,8} \cdot 0,66^{0,43} \cdot (0,66/0,68)^{0,25} \cdot 1 = 41.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від газів

$$\alpha_r = Nu_r \cdot \lambda_r / d_B, \quad (5.12)$$

$$\alpha_r = 41 \cdot 0,04342 / 0,04 = 44,5 \text{ (Вт/ (м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Критерій Рейнольдса для потоку води

$$Re_B = w_B \cdot d_3 / \nu_B, \quad (5.13)$$

де w_B – швидкість води, приймаємо оптимальне значення 0,5 м/с за [16].

$$Re_B = 0,5 \cdot 0,045 / (0,478 \cdot 10^{-6}) = 47071.$$

Критерій Нуссельта для води [17]

$$Nu_B = 0,021 \cdot Re_B^{0,8} \cdot Pr_B^{0,43} \cdot \varepsilon_c \cdot \varepsilon_z \cdot \varepsilon_\varphi, \quad (5.13)$$

$$Nu_B = 0,021 \cdot 47071^{0,84} \cdot 2,98^{0,33} \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 246.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труб до води

$$\alpha_B = \text{Nu}_B \cdot \lambda_B / d_3, \quad (5.14)$$

$$\alpha_B = 246 \cdot 0,659 / 0,045 = 3602 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K = (1/\alpha_T + \delta/\lambda + 1/\alpha_B)^{-1}, \quad (5.15)$$

$$K = (1/44,5 + 0,0025/45 + 1/3602)^{-1} = 43,84 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Необхідна площа поверхні

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}), \quad (5.16)$$

$$F = 80 \cdot 10^3 / (43,84 \cdot 149) = 12,25 \text{ (м}^2 \text{)}.$$

3.2.3 Компоновка теплоутилізатора

Необхідна кількість труб

$$n = 4\omega / \pi d^2 \quad (5.17)$$

$$n = 4 \cdot 0,038 / 3,14 \cdot 0,045^2 = 23,9.$$

Загальна кількість труб 24 шт.

Довжина труб

$$L = F / \pi \cdot d \cdot n, \quad (5.18)$$

$$L = 12,25 / 3,14 \cdot 0,045 \cdot 24 = 3,6 \text{ (м)}.$$

5.2.4 Гідравлічний розрахунок

Метою гідравлічного розрахунку є визначення величини втрати тиску теплоносіїв при їх русі через теплообмінні апарати. Втрати тиску ΔP при проходженні теплоносіїв через труби і в міжтрубному просторі тепло- обмінника складається з втрат на опір тертю і на місцеві опори, а також залежить від конструкції апарату .

Гідравлічний опір трубного простору [18]

$$\Delta P_{\text{тр}} = (\lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{L}{d_{\text{тр.пр.}}} + \Sigma \xi_{\text{тр}}) \cdot \frac{\omega_{\text{тр}}^2 \rho}{2}, \quad (5.19)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \left(\frac{0,3165}{16421^{0,25}} \cdot \frac{1,8}{0,04} + 1 \right) \cdot \frac{15,6^2 \cdot 0,6956}{2},$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 191 \text{ (Па)}.$$

Гідравлічний опір міжтрубного простору [19]

$$\Delta P_{\text{мтр}} = (\lambda_{\text{мтр}} \cdot \frac{L}{d_{\text{мтр.пр.}}} + \Sigma \xi_{\text{мтр}}) \cdot \frac{\omega_{\text{в}}^2 \rho}{2}, \quad (5.20)$$

$$\Delta P_{\text{мтр}} = \left(\frac{0,3165}{47071^{0,25}} \cdot \frac{1,8}{0,045} + 1,5 \right) \cdot \frac{0,5^2 \cdot 983,2}{2},$$

$$\Delta P_{\text{мтр}} = 290 \text{ (Па)}.$$

Загальні гідравлічні втрати на прокачування газів в ТА

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{мтр}}, \quad (5.21)$$

$$\Delta P = 191 + 290 = 481 \text{ (Па)}.$$

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками на умовний тиск не більше 2,5 МПа, що монтуються з готових вузлів, діаметр 57 мм, ГОСТ 10704-91.	м	11,23	4,00	44,9
2	Кран шаровий Ду 50, 12Х18Н10Т, фланцеве з'єднання	шт	5	7,95	39,8
3	Теплоізоляція трубопроводів К-FLEX 62x057-2 ST, діаметром 50 мм, товщиною 60 мм	м.пог	11,23	0,33	3,7
4	Фланець для трубопроводів на тиск Ру 0,1 та 0,25 МПа, умовний діаметр 50, ГОСТ 12820-80	шт	16	1,04	16,6
5	Насос підживлювальний UPSD 65-180F	шт	2	66,5	133
6	Клапан зворотний фланцевий 16С13НЖ, Ду50, Ру1 МПа	шт	2	12,2	24,4
7	Теплообмінник-утилізатор, 45 кВт, (із розрахунку котла)	шт	1	550	550
8	Улаштування бетонних фундаментів під обладнання	м ³	0,4	500	200
					1033
Потреба у допоміжних матеріалах [53-57]					
Монтаж трубопроводів [53]					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,00027		0,27
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180x6 мм	шт	0,036	0,374	0,013

	Пароніт	т	0,0003		0,3
Продовження таблиці 5.1 – Відомість витрат матеріалів					
1	2	3	4	5	6
Монтаж кранів та зворотних клапанів (група 790) [53]					
	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм для фланцевих з'єднань	т	0,012		12
	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,6		0,6
Установка фланців (група 12) [54]					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,0032		3,2
	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм для фланцевих з'єднань	т	0,011		11
	Прокладки з пароніту марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	1000 шт	0,016		0,16
Ізоляційні роботи (група 2) [55]					
	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х (20-50) мм	т	0,0019		1,9
	Листи оцинковані 0,8 мм для теплоізоляції	кг	0,21		0,21
	Лист алюмінієвий, марка АД1Н, товщина 1 мм	кг	0,05		0,05
Монтаж насосів (група 218) [56]					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,007		7,04
	Поковки з квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,0305		30,5
	Круги армовані абразивні відрізні, діаметр 180х3 мм	шт	3,5	0,274	0,96
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	1,04	0,374	0,39
Монтаж теплообмінника (група 81) [57]					
	Азбестовий картон загального призначення, товщиною 2 мм	т	0,005		5
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,0073		7,2
	Оліфа натуральна	кг	0,02		0,02

	Прокладка гумова	кг	0,44		0,44
--	------------------	----	------	--	------

Продовження таблиці 3.1 – Відомість витрат матеріалів

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0025		2,5
	Болти з гайками та шайбами, діаметр 22 мм	т	0,0091		9,1
	Пароніт	т	0,0005		0,5
	Сурик свинцевий	т	0,00008		0,08
Сума					93,4

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

Загальна маса становить:

$$\Sigma_{\text{заг.}} = \Sigma_{\text{осн.обл}} + \Sigma_{\text{доп.обл}} = 1033 + 93,4 = 1126 \text{ (кг)}.$$

5.4 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Монтаж теплообмінника-утилізатора.
4. Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм.
5. Встановлення запірно-регулюючої арматури.
6. Установка фланців приварних.
7. Установка клапанів зворотних фланцевих.
8. Монтаж підживлювального насосу.
9. Випробування трубопроводів.
10. Ізоляція трубопроводів.

Об'єми робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 1126 кг (1,126 т). Приймаємо об'єм $V=1,126$ т.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L=11,23$ м. Приймаємо $V=0,11$.

3. Монтаж теплообмінника-утилізатора. Одиниці вимірювання в шт. Кількість 1 теплообмінник. Отже, приймаємо $V=1$ шт.
4. Прокладання прямошовних трубопроводів діаметром 57 мм. Одиниці вимірювання в тонах. Довжина труб складає 11,23 м, вага труб 44,9 кг, отже, приймаємо $V=0,045$ т.
5. Встановлення запірно-регулюючої арматури. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 5 шт. Отже, об'єм становить $V=0,5$.
6. Установка фланців приварних, 8 з'єднань. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=8$ шт.
7. Установка клапанів зворотних фланцевих, 2 клапани. Одиниці вимірювання в 10 шт. Отже, приймаємо $V=0,2$ шт.
8. Монтаж підживлювального насосу UPSD 65-180F. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=3$ шт.
9. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Об'єм приймається як загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів і становить $V=0,112$.
10. Ізоляція трубопроводів. Одиниця виміру 100 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 11,23 м. $V=0,112$.

5.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання для систем теплофікації завозяться централізовано автомашиною «КАМАЗ 5320». Оскільки загальна вага усіх деталей становить 1126 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за один раз. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики КАМАЗ 5320 [58]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Довжина платформи	м	5,2
Вантажопідйомність	кг	8000
Габарити: Довжина Ширина Висота	м	7,4 2,5 3,35
Маса	кг	4708

Для встановлення обладнання використовуємо автокран КАМАЗ КС-5572 [59] технічна характеристика якого наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика автокрана КАМАЗ КС-5572

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	32
Виліт стріли	м	27
Колія коліс: передніх задніх	м	2,5 1,95
Маса	т	20
Потужність	к.с.	298

Для зварювання стиків трубопроводу використовується електродугове зварювання постійним струмом. Використовуємо апарат MMA 307 PROFІ, характеристики якого наведено в таблиці 4.3

Таблиця 5.3 – Характеристики зварювального апарату MMA 307 PROFІ [60]

Величина	Одиниця виміру	Значення
Напруга	В	160-230
Діаметр електрода	мм	1,6-5,0
Потужність	кВт	4,3
Напруга холостого ходу	В	65
Маса	кг	3,8

Для влаштування кріплень трубопроводів та кронштейнів використовують перфоратор BOSH-GBH 2-18 RE з такими технічними характеристиками [61]:

- енергія удару – 0 v 1.7 Дж;
- число ударів при номінал. числі обертів – 0 v 3,960 1/хв ;
- потужність – 550 Вт;
- вага – 3,9 кг.

Трубні заготовки комплектуються по гілкам. Труби подавальних та

зворотних магістралей зв'язують в пакети, які мають відповідне маркування, що не допускає помилок між ділянками.

В зв'язку з тим, що ми отримуємо фасонні частини трубопроводів в готовому вигляді, то ми маємо потребу тільки в монтажних інструментах та шліфувальних кругів для болгарки.

Таблиця 5.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Молоток гумовий		6	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Висок	ГОСТ 7948-80	2	0,2
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм		1,66	0,62
Всього:			12,37

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає:

$$\Sigma_{\text{інст.}}=5,8+3,9+12,37+6,05=28,12 \text{ (кг).}$$

5.6 Витрата паливних та енергетичних ресурсів

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 500 (км);
- кількість ходок $n=1$;
- витрата пального $Q=26$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l=0,26 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 500=260 \text{ л.} \quad (5.1)$$

Труби, деталі та конструкції завозяться централізовано автомашиною КАМАЗ 5320. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 4.1.

Витрата маш-год на роботу автокрана;

1. Монтаж теплообмінника-утилізатора – 0,41.
2. Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм – 1,5.
3. Встановлення запірно-регулюючої арматури – 0,25.
4. Установка клапанів зворотних фланцевих – 0,09.
5. Монтаж підживлювального насосу – 0,25.

Загальна тривалість роботи автокрана 2,5 маш-год.

Витрата палива

$$Q = N \cdot q / (1000 \cdot R \cdot k_1) . \quad (5.2)$$

де q – це питома витрата палива;

N – потужність двигуна, к.с. (Вт),

R – щільність дизпалива (0,85 кг / дм³),

k_1 – співвідношення часу роботи при частоті обертання, виражене у відсотках.

$$Q = 298 \cdot 265 / (1000 \cdot 0,85 \cdot 2,3) = 40,4 \text{ (л/маш-год).}$$

Загальна витрата палива буде становити $2,5 \cdot 40,4 = 101$ л.

Витрати енергії на шліфувальну машину, електрозварювання та свердлильні машини.

Загальна витрата маш-год для установок електричного зварювання становить 36,6 маш-год, для шліфувальних машин 11,07 маш-год.

Отже, для виконання всіх зварних з'єднань необхідно затратити $4,3 \cdot 0,33 \cdot 36,6 = 51,9$ кВт·год електричної енергії. Під час зачистки матеріалів шліфувальна машинка витрачає $1,25 \cdot 11,07 \cdot 0,65 = 9$ кВт·год.

5.7 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою:

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B}, \quad (5.3)$$

де V – об'єм робіт,

$N_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою :

$$T = \frac{Q}{n}, \quad (5.4)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудомісткість люд/дні	Виконавці		Тривалість, дні
					кількість	Склад бригади	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей до місць монтажу та їх складування	т	1,126	1	0,14	6	4 робітника Монтаж водія	0,024
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,112	1,3	0,018	4	Слюсар 4 розряду	0,005
Монтаж теплообмінника-утилізатора [11]	шт	1	50,16	6,27	6	Слюсар 4,2 розряду	1,05
Прокладання [7] трубопроводів діаметром 57 мм.	т	0,112	410,2	5,74	4	Слюсар 4 розряду газозварник 5, 6 розряду	1,44
Встановлення запірної арматури Ду50 [7]	10 шт	0,7	64	5,6	4	Слюсар-сантехнік 3,8 розряду	1,4

Встановлення фланців Ду50 [8]	шт	8	1,57	1,6	4	Слюсар-сантехнік 3,8 розряду	0,4
-------------------------------	----	---	------	-----	---	------------------------------	-----

Продовження таблиці 5.5 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж циркуляційного насоса [10]	шт	2	37,8	9,45	5	Слюсар 4 розряду	1,9
Перше робоче випробування окремих частин	100м	0,112	5,4	0,076	6	Слюсар-сантехнік 5 розряду	0,013
Ізоляція [9] трубопроводів циліндрами з мінвати, ϕ 57 мм, товщ.60 мм	100м	0,112	126,7	1,8	6	Слюсар 4,2 розряду	0,3
Робоча перевірка системи в цілому	100м	0,112	2,9	0,04	4	Слюсар-сантехнік 5 розряду	0,01
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.	100м	0,112	2,4	0,34	4	Слюсар-сантехнік 5 розряду	0,084

Висновок до розділу 5

В розділі проведено розробку документації на монтаж теплообмінника-утилізатора у тепловій схемі котельні та насосів для цього теплообмінника.

Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, визначена трудомісткість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт.

Розраховано загальну масу вантажів, також розроблено технічну документацію для проведення монтажних робіт. Загальна тривалість монтажних робіт 6,63 діб. Загальна трудомісткість монтажних робіт становить 31,07 люд·діб.

6 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ КОТЛА ЗА РАХУНОК АВТОМАТИЗАЦІЇ

6.1 Аналіз об'єкту автоматизації

Котли Е-1/9, мають паропродуктивність 1000 кг / год, призначені для роботи на природному газі і служать для задоволення потреб підприємств в насиченій парі вологістю до 3% для покриття технологічних і теплофікаційних навантажень.

Паровий котел Е-1/9 складається з верхнього і нижнього барабанів, розташованих на одній вертикальній осі. Барабани з'єднані між собою пучком труб (11 рядів по 14 труб в кожному), що утворюють конвективну поверхню нагрівання. Камера згоряння екранована двома бічними настінними екранами і стельових екраном. Бічні екрани виконані з прямих труб, що об'єднуються верхніми і нижніми колекторами, ввареними в верхній і нижній барабани відповідно. Стельовий екран частково охоплює і фронт котла, утворений фронтним колектором і ввареним в нього пакетом гнутих труб (повторюють обриси фронту і стелі топкової камери), які приєднані зварюванням безпосередньо до верхнього барабану. Вода з верхнього барабану котла в нижній надходить за останніми рядами труб конвективного пучка, розташованим в зоні знижених температур продуктів згоряння палива.

Живлення бічних екранів водою здійснюється з нижнього барабану котла по нижнім колекторам. Стельовий екран живиться від фронтного колектора, в який вода надходить по з'єднувальним трубах з нижніх колекторів бічних екранів. Характерною особливістю циркуляційної схеми котла є відсутність неопалюваних живильних і відвідних труб екранів.

Введення живильної води виконано в верхній барабан котла, всередині якого встановлено розподільна труба. Продувка котла передбачається через штуцери в нижньому барабані, в нижніх колекторах бокового екрану і у фронтному колекторі.

6.2 Вибір величин, які регулюються

Регулювання живлення котельних агрегатів і регулювання тиску в барабані котла призначені для підтримання правильного рівня води в барабані котла. Недотримання рівня води в барабані призведе до аварій і виходу з ладу установки [69].

Регулювання співвідношення газ-повітря. Дана система забезпечує підтримання правильного співвідношення між горючим компонентом і окисником. Не забезпечення даного співвідношення призводить до порушення процесу горіння і як наслідок до негативних ефектів: недопал, азотування продуктів згорання зменшення теплової потужності і т.д.

Система автоматичного регулювання розрядження в топці підтримує розрідження в топці котла на необхідному рівні. Дана система захищає котел від притискання полум'я до пальників, відриву полум'я, викиду полум'я і газів в приміщення котельні [70]. Також необхідно системою керування забезпечувати автоматичний захист і сигналізацію котельної установки.

Будемо використовувати такі системи автоматизації:

- система автоматичного регулювання живлення котла;
- система автоматичного регулювання тиску пари в барабані;
- система автоматичного регулювання економічності;
- система автоматичного регулювання розрідження.

6.3 Система автоматичного регулювання живлення котла

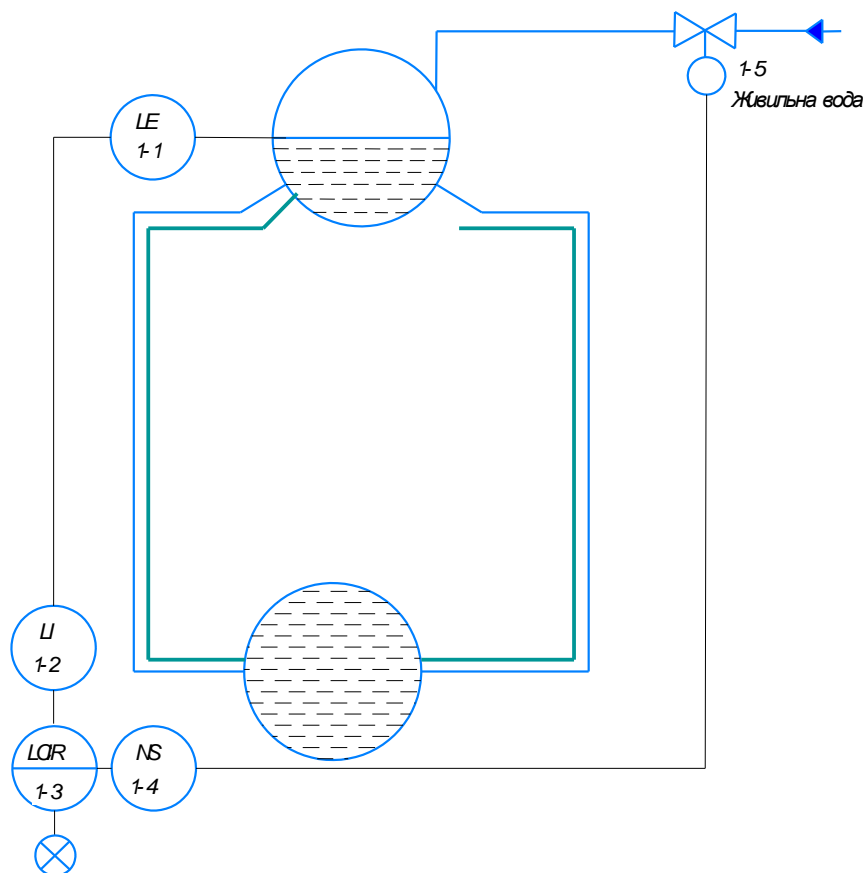


Рисунок 6.1 – САР живлення котла

З одноелектродного кондуктометричного датчика рівня ДС.ПВТ (ОВЕН) (поз. 1-1), встановленого на барабані котла, передається сигнал до щита на регулятор рівня САУ-М7Е (поз. 1-3), який приводить в дію вбудований магнітний пускач (1-4) і електромагнітний клапан Rain Bird 075-LFV-9V з вентелем (поз. 1-5) для підтримки рівня води в барабані котла. При зміні показань сигнал подається на щит сигналізації (рис. 6.1).

6.4 Система автоматичного регулювання тиску пари в барабані

Регулювання тиску. Датчик тиску пари EJA510A (поз. 2-1), передає дані на регулятор тиску пара Bailey Тип 2044 (поз. 2-3), що призводить до дії модульний контактор Hager ESC425 230В/25А 4НВ (поз. 5-4), для зміни подачі палива в топку. Далі датчик витрати палива – витратомір IN-FLOW High-Flow (5-1) передає сигнал на регулятор подачі повітря VFC (поз. 6-3) і модульний контактор Hager ESC425 230В/25А 4НВ (поз. 6-6), який забезпечує роботу дутьового вентилятора. Тим самим виконуємо регулювання подачі палива для підтримання сталого тиску в барабані (рис. 6.2).

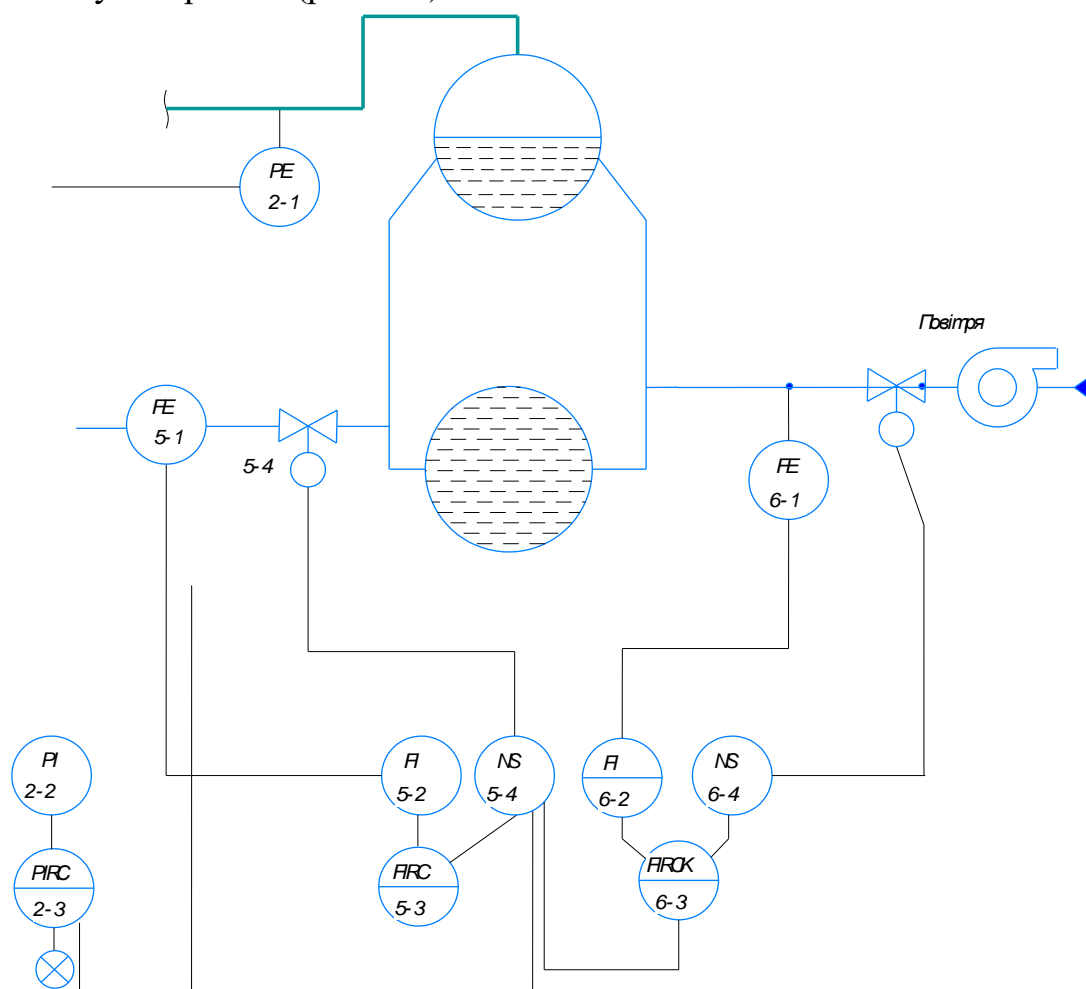


Рисунок 6.2 – САР тиску перегрітої пари

6.5 Система автоматичного регулювання економічності

Регулятор економічності влаштований за принципом «навантаження-повітря». При зміні тиску в барабані регулятор змінює витрату палива (через модульний контактор Hager ESC425 230В/25А 4НВ 5-4 змінює пропускну здатність клапана подачі газу) і витрата повітря (через модульний контактор Hager ESC425 230В/25А 4НВ 6-6 змінює положення засувки) (рис. 6.3).

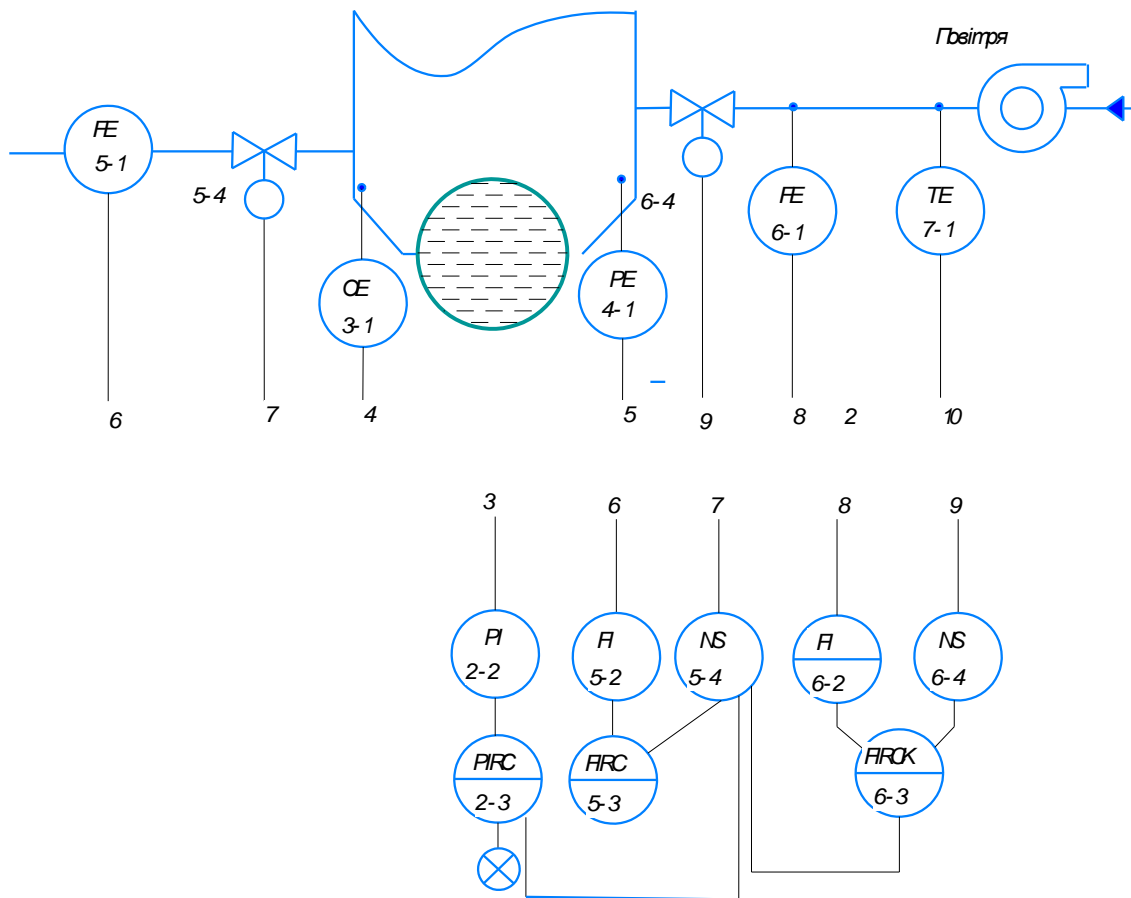


Рисунок 6.3 – САР співвідношення витрат «паливо-повітря»

6.6 Система автоматичного регулювання розрідження

У котельних аварійні ситуації вкрай небажані, так як від них багато що залежить, можуть бути жертви серед обслуговуючого персоналу. Безліч датчиків постійно відстежують роботу пристрою. Існує датчик розрядження в топці. Є кілька різних конструкцій датчика.

Регулятор служить для підтримки розрядження у верхній частині топки котла шляхом вимірювання тиску в топці (датчик тиску 4-1), витрати повітря, що нагнітається дутьєвих вентилятором (витратомір 6-1).

Тяга – зниження тиску повітря і продуктів згоряння в каналах споруд і технічних систем, що сприяє притоку середовища в область зниженого тиску. Може бути природною (під дією Архімедової сили) або примусової (під дією технічних пристроїв, що забезпечують відтік газів або повітря, наприклад, димососів).

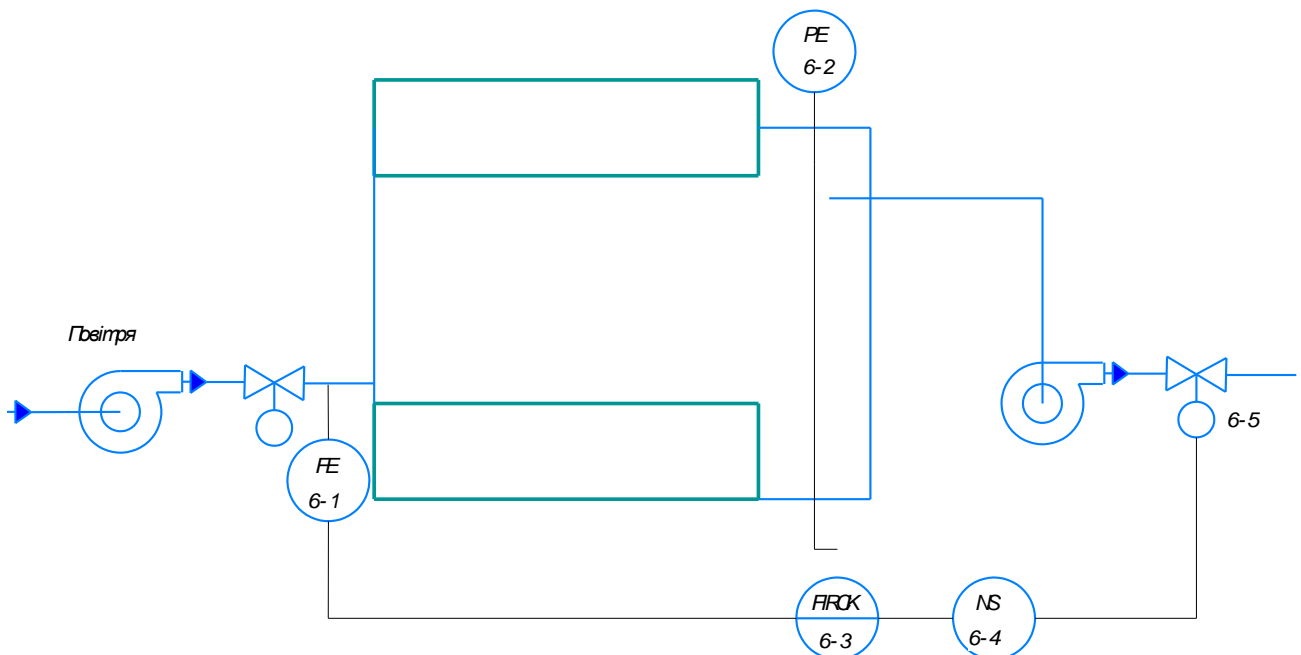


Рисунок 6.4 – САР розрядження в топці

6.7 Засоби автоматизації

В даній схемі автоматизації використовується значна кількість датчиків, регуляторів та контролерів для забезпечення якісного процесу управління обладнанням.

Регулятор рівня води – це пристрій САУ-М7Е забезпечує контролювання рівня рідин або сипучих матеріалів у резервуарі. Може керувати заповненням рівня у промислових, опалювальних котлах, водонапірних вежах, зерносховищах тощо [9].

Функціональні можливості:

- контролювання рівня рідких та сипучих матеріалів за трьома датчиками;
- підмикання широкого спектру датчиків рівня (кондуктометричних, поплавкових, безконтактних вимикачів та ін.);
- робота у режимі заповнення та спорожнення резервуару;
- ручний або автоматичний режим керування електроприводом виконавчого механізму (насосу, транспортеру, електромагнітного клапану тощо);

- сигналізація про аварійне переповнення або осушення резервуару.

Робота з рідинами, що різні за електропровідністю: водопровідною, забрудненою водою, молоком та харчовими продуктами (слабокислотними, лужними та ін.). Технічні характеристики регулятора рівня наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики регулятора рівня САУ-М7Е [73]


Номінальна напруга живлення пристрою	220 В частотою 50 Гц
Допустимі відхилення напруги живлення від номінального значення	-15...+10 %
Кількість каналів контролю рівня	3
Типи датчиків	кондуктометричні, поплавкові, активні з вихідними ключами n-p-n-типу, механічні контактні пристрої
Джерело живлення активних датчиків:	
– напруга джерела живлення	12±1,2 В
– максимальний струм навантаження	50 мА
Кількість вбудованих вихідних реле	2
Макс. допустимий струм навантаження, що комутований контактами вбудованого реле	8 А при 220 В 50 Гц (cos φ > 0,4)
Опір рідини, що викликає спрацьовування каналу контролю	не більше 500 кОм
Габаритні розміри та ступінь захисту корпусу:	
– настінний Н	130x105x65 мм, IP44
– щитовий Щ1	96x96x70 мм, IP54 зі сторони передньої панелі

В якості датчика рівня використовуємо ДС.ПВТ. Принцип дії кондуктометричного датчика ґрунтується на різниці між електропровідністю

повітря та рідини. Ця різниця фіксується двома електродами: сигнальним, який встановлено на потрібному рівні, та загальним. Коли поверхня рідини стикається із сигнальним електродом, відбувається замикання між двома електродами

Одноелектродні кондуктометричні датчики рівня випускаються для роботи з різним тиском та температурою. Датчик ДС.ПВТ призначений для експлуатування у насиченій парі. Технічні характеристики датчика рівня наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики датчика рівня

Тип датчиків та модифікація	Одноелектродні датчики				
	ДС.ПВТ				
Габаритні креслення					
Довжина стрижнів, L*					
Приєднавчі розміри	Різь М	S, мм	H1, мм	H2, мм	H3, мм
	M18x1,5 мм	20	67	10	11
	M20x1,5 мм	24	83	13	15
	G1/2	24	83	13	15
Матеріал	Матеріал ізолятора – поліфеніленсульфід				
Тиск середовища, що вимірюється, не більше	2,5 МПа				
Максимальна робоча температура	240 °С				
Конструктивні переваги	Особливості конструкції перешкоджають накопиченню рідини на датчику, запобігаючи помилковому спрацюванню				

Регулювання подачі живильної води виконується за допомогою електромагнітного клапану Rain Bird 075-LFV-9V.

Клапани мають унікальну діафрагму «з подвійним лезом» спільно з сідлом діаметром 1/2 " – для бездоганної роботи при низькій витраті. Конструкція пілотного потоку з подвійним фільтром для максимальної надійності. Зовнішній підбурюючий гвинт для ручного стравлювання системи від бруду і частинок під час установки і запуску системи. Внутрішнє підбурювання для ручного управління без бризок.

Технічні характеристики

- Витрата: 0,05 – 1,82 м³ / год; 45,42 – 1136 л / год;
- Тиск: 1,0 – 10,3 бар.

Електричні характеристики

- Соленоїд 9 В;
- Пусковий струм: 0,30 А (7,2 ВА);
- Струм утримання: 0,19 А (4,6 ВА).

Модульний контактор – це електричний електромагнітний апарат, в якому управління здійснюється в дистанційному режимі. За призначенням це комутаційний прилад (використовується для включення і виключення струму в електричному ланцюзі). Контактор може включати від одного до чотирьох полюсів інших контактів, а також використовувати мережі змінного і постійного струму (залежить від виду: електромагнітний, електропневматичний, пневматичний, замикається). Найчастіше застосовують даний апарат для управління потужними електродвигунами. Оскільки він відноситься до електромагнітних пристроїв, то сила для змикання і розмикання контактів створюється електромагнітом.

В розробленій функціональній схемі контактор слугує для управління електродвигунів вентилів та клапанів. В загальному модульний контактор Haгер призначений для комутації активних і слабоіндуктивних навантажень у системах керування різними технологічними процесами, кондиціонування й вентиляції, мережами освітлення. Номінальний струм – 25 А; довжина (висота) – 83 мм; ширина – 35 мм; вага – 199 г; країна-виробник товару – Франція.

Промислові витратоміри IN-FLOW High-Flow призначені в схемі для вимірювання витрати газу перед пальником. Прилади цієї серії вимірюють витрата в широкому діапазоні: від мін.: 0,4 ... 20 н.м³/год до макс. 220 ... 11000 н.м³/год з точністю 1% від повної шкали. При установці регулюючого клапана діапазон роботи від мін.: 0,4 ... 20 н.м³ / год до макс. 10 ... 500 н.м³ / год. Витратоміри мають промислове виконання з класом пило-та вологозахисту IP65. Прилади розраховані на вимір і регулювання високих витрат газу в умовах промислового виробництва.

В системі автоматичного контролю і сигналізації розрідження перед димососом використовується Магнітний електророзрядний вакуумметр MP7ER.

Регулятором розрідження обраний Danfoss AFPQ4 [73]. Підсилювачем – Danfoss AV. Виходи: Сигнали ШІМ для керування виконавчим механізмом. Вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА.

Даний вакууметр має наступні технічні характеристики:

- діапазон вимірювань MP7ER: 10⁻² - 10⁻⁸ Торр;
- точність +/- 0,2 від відображуваної декади, чутливість 6,5 А / Торр при 10⁻⁶ Торр;
- орієнтація при монтажі – будь-яка;
- напруга / живлення + 24В, 250 мА;
- наявність дисплея для налаштування і відображення показань;
- наявність індикатора роботи магніторозрядних частини;
- робоча температура від + 15 до + 50 ° С;
- Максимальний надлишковий тиск 10 бар.

В функціональній схемі автоматизації наявне інше стандартне обладнання: термоперетворювачі опору, електронні датчики тиску та комутаційні засоби.

6.8 Розрахунок шиберів повітряного тракту

Метод розрахунку регулюючого органу (шиберу, поз. 3-3 на кресленні) для повітря є підтвердженим практикою наближеним методом [77, 78].

За допомогою даної методики можливий спрощений розрахунок клапана для стандартних умов експлуатації.

Типові листи фірми SAMSON для регуляторів прямої дії і для регулюючих клапанів містять необхідні для цього дані про номінальний діаметр, номінальний тиск і значення умовної пропускної здатності K_{vs} .

Точний розрахунок регуляторів прямої дії і регулюючих клапанів проводиться по DIN EN 60534. В більшості випадків застосування нижченаведених формул за приписами VDI / VDE (союзу німецьких інженерів / союзу німецьких електротехніків) забезпечує достатню точність.

Для розрахунку значень гідродинамічного параметра шиберного клапану K_v повинні бути відомі наведені робочі параметри:

- p_1 тиск перед клапаном, бар;
- p_2 тиск після клапана, бар;
- Δp перепад тиску (різниця тисків – $p_1 - p_2$), бар;
- H хід, мм;
- V об'ємна витрата, м³/год;
- W масова витрата, кг/год;
- ρ щільність (загальна), кг/м³;

- ρ_1 щільність перед клапаном (для газів і пари), кг/м^3 ;
- t_1 температура перед клапаном, $^{\circ}\text{C}$.

Всі наведені тиску ϵ – якщо не вказано іншого – ϵ абсолютними тисками в барах. Типові параметри

Номінальний хід. Для кожної серії регулюючих клапанів вказується повний робочий хід H_{100} , при досягненні якого клапан вважається повністю відкритим. Параметр K_v . Під параметром K_v розуміється витрата V (Об'ємний потік) води в $\text{м}^3/\text{год}$ при температурі $5-30$ $^{\circ}\text{C}$, який при перепаді тиску $P = P_1 - P_2 = 1$ бар, проходить через регулюючий клапан при заданому ході H .

Параметр K_{vs} . Для характеристики типів клапанів (Конструктивних серій) вказується умовна пропускна здатність K_{vs} , яка представляє собою вказане значення K_v при номінальному ході H_{100} клапана.

Параметр K_{v100} . Параметр клапана K_v при номінальному ході H_{100} називається K_{v100} . Він не може відхилитися від зазначеного параметра K_{vs} більш ніж на $\pm 10\%$.

Для характеристики роботи клапану вводиться поняття коефіцієнта надійності

$$S = \frac{K_{vs}}{K_v}, \quad (6.2)$$

де K_{vs} – значення K_{vs} клапана; K_v – розрахункове значення K_v .

Для регуляторів прямої дії: $S \approx 1,3-5$.

Для сухого повітря виведено наступне рівняння для масової витрати

$$W = 15,3 \cdot m \cdot K_v \cdot \sqrt{P_1 \cdot \rho_1} \quad (6.3)$$

Рівняння (5.3) можна записати в наступному вигляді:

$$W = m \cdot K_v \cdot Z \quad (6.4)$$

$$K_v = W / (m \cdot Z) \quad (6.5)$$

де P_1, P_2 – тиск середовища; W – масова витрата, кг/год ; K_v – коефіцієнт витрати, $\text{м}^3/\text{год}$; ρ – густина середовища, кг/м^3 ; m – коефіцієнт перепаду тиску; Z – коефіцієнт стиснення.

Вхідні дані для розрахунку шиберу після нагнітального вентилятора свіжого повітря: температура повітря $t_{\text{п}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; тиск перед та після шибера 170 кПа та 160 кПа відповідно; густина повітря $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$; масова витрата 900 кг/год.

Співвідношення тисків

$$\frac{P_1}{P_2}, \quad (6.6)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{160}{170} = 0,94$$

Із таблиці 3 та 4 [78] визначаємо коефіцієнти: $m = 0,44$; $Z = 3,3$.

$$K_v = 900 / (0,44 \cdot 3,3) = 619,8 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Отже, для повітропроводу свіжого повітря на нагнітальній лінії вентиляторів вибираємо шибер з електроприводом типу Bernard VG3400-B04MM00 Tecofi із діаметром умовного проходу 800 мм із стандартним коефіцієнтом витрати $K_v = 880 \text{ м}^3/\text{год}$, що більший за розрахунковий.

Отже шибер вибрано правильно [78].

Висновки до розділу 6

Проведено розробку автоматизації парового котла для якого була розроблена система автоматичного контролю і регулювання температури пари, розрідження, співвідношення паливо-повітря, контролю витрати палива також описана робота електричних схем сигналізації і захисту котла. Проведено розрахунки автоматичних пристроїв. В роботі були використані методи і засоби автоматики для перетворення неавтоматичних процесів в автоматичні.

7 РОЗРОБКА КОШТОРИСУ

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 „Правила визначення вартості будівництва” і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (табл.3.1) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 2000); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Розрахунок кошторисної вартості монтажних робіт наведено в додатку Б.

За результатами розрахунку кошторису встановлено:

1. Кошторисна вартість $K_v = 53,014$ тис. грн.
2. Кошторисна заробітна плата $ЗП = 2,53$ тис. грн.
3. Кошторисна трудомісткість $T = 0,118$ тис. люд –год
4. Вартість матеріалів – 48,810 тис. грн.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1 Аналіз умов праці

На дільниці котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори [78].

До шкідливих виробничих факторів відносять:

- підвищення або зниження температури та вологості;
- підвищена концентрація в повітрі робочої зони газів;
- ультрафіолетове видиме і інфрачервоне випромінювання;
- шум;
- вібрації;

До небезпечних виробничих факторів відносять: дія електричного струму.

Психо-фізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

В зону дихання працюючого можуть попадати аерозолі, а також токсичні гази (оксид вуглецю CO).

8.2 Виробнича санітарія

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Пости оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі має бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

8.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Параметри мікроклімату та гігієнічні

нормативи в робочій зоні нормуються згідно стандарту, який встановлює санітарно-гігієнічні заходи до показників мікроклімату [79]. Мікроклімат характеризується наступними показниками: T – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; I – відносна вологість повітря, %; V – інтенсивність теплового опромінення, $\text{Вт}/\text{м}^2$; – швидкість руху повітря, $\text{м}/\text{с}$. Параметри мікроклімату наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість %		Швидкість руху пов. м/с	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце				
Холодн.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	$\geq 0,4$
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового випромінювання працюючих від відкритих джерел не перевищує $100 \text{ Вт}/\text{м}^2$, при цьому випромінюванні не підлягає більше 25 % поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту, в тому числі засобів захисту обличчя та очей.

При роботі відбувається виділення великої кількості газів. Граничнодопустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в таблиці 8.1.

Для захисту від шкідливих речовин застосовують комплекс організаційно-технічних санітарно-гігієнічних заходів:

- пристрій місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих речовин від місць їх утворення;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, захисні окуляри, распіратори та інше);
- профілактичні медичні огляди, виконання правил особистої гігієни;
- суворе дотримання правил поведінки з устаткуванням,

Граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони наведено в табл. 8.2 [79].

Таблиця 8.2 – Граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

№ п/п	Назва речовини	ГДК мг/м ²	Діюче значення, мг/м	Клас небезпеки
1	Бензин паливний	100	84,3	4
2	Гас	300	266	4
3	Тетраетил свинець	0,0005	0,00035	1
4	Оксид вуглецю CO ₂	20	16,7	4
5	Сажа	4	2,8	3

8.2.2 Освітлення

Дані роботи відповідають розряду зорової роботи IVa. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм [80].

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	a	малий	300	1,5

Природне освітлення на ділянці - бокове одностороннє. Коефіцієнт природної освітленості:

$$e_l = e_n \cdot m \cdot c_k = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945 \approx 1\%, \quad (8.1)$$

де $m=0,9$ - коефіцієнт світового клімату для IV поясу;

$c_k=0,7$ -коефіцієнт сонячності клімату, азимут 90° .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл. 4.43.

Таблиця 8.4 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з ахроматичними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На ділянці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає – 0,5 лк.

8.2.3 Шум

Під час роботи на ділянці робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: вентиляційна система, трансформатори, випрямлячі та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приведені в таблиці 8.5 [81].

Таблиця 8.5 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні і рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку.

8.2.4 Вібрації

Крім впливу шуму на ділянки робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [81]. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підошві, рукавиці з м'якими налодонниками.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 8.6

Таблиця 8.6 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	Xп, Yа, Zп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ .Y ₀ .X ₀	0,1	100	0,2	92

На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "З" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

8.3 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Дільниця котельні відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідний пил. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення - це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації [82].

Для підводу струму до електротримачів необхідно використовувати ізольовані гнучкі кабелі. При прокладанні або переміщенні дротів необхідно приймати заходи проти пошкодження їх ізоляції. Відстань від дротів до гарячих трубопроводів повинна бути не менша 0,5 м. В джерелах живлення обладнання повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, які знаходяться під напругою. Металеві частини обладнання, які знаходяться під напругою повинні бути заземлені. Дільниця повинна бути відокремлена від суміжних робочих місць і проходів незгораємими екранами висотою не менше 1,8 м.

Джерела струму можуть приєднуватись до розподільчих електричних мереж з напругою не більше 380 В. Усе устаткування повинно бути захищене запобіжниками або автоматичними вимикачами з боку мережі, що живлять.

8.4 Пожежна безпека

Дільниця належить до категорії приміщення з позначкою Г. Категорію Г для будівель застосовані тому, що дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин.

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці відображена в таблиці 8.7 [83].

Таблиця 8.7 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Г	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II - це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких - суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та вогнебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості II - не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

Отже, під час виконання даного розділу проведено аналіз умов праці, розроблено вимоги до виробничої санітарії, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та заходи з пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

У 2021 році починається інтенсифікація політичних процесів з питань виробництва і використання біометану. Законопроекти пропонують чіткі механізми регулювання політики у сфері біометану. На сьогоднішній день розроблено значну кількість робіт по практичній реалізації альтернативних котелень, ТЕЦ і інших споживачів енергії. Для Вінницької області впровадження альтернативної енергетики дасть замінити 0,939 млрдм³ природного газу або 0,498 млн. т нафтового еквівалента.

Проведено оцінку роботи котла на різних видах палива. За терміном окупності капітальних вкладень доцільніше використовувати встановлення котельні зі спаленням біометану. Встановлення біометанової котельні вимагає значних капітальних затрат, проте є перспектива в зменшенні витрат на утилізацію відходів, отримуємо низьку собівартість виробництва палива та в перспективі реалізуємо високоякісні добрива.

В проекті розраховано потужність котлоагрегату, що працює на біометані, яка дорівнює 723 кВт, коефіцієнт корисної дії 90,4 %, витрату палива, що дорівнює 0,0223 м³/с. За умов використання в якості палива біометану при однакових початкових умовах збільшується коефіцієнт корисної дії котла. Збільшення складає 10,4%. В умовах довгострокової роботи використання біометану призводить до економії 705 тис.куб м за сезон природного газу.

Використання біометану як заміника природного газу чи іншого викопного палива призводить до зменшення CO₂ – еквівалент – тобто зменшує загальний вплив на озоновий шар планети і техногенне навантаження від забруднення.

Для підвищення енергетичної ефективності котельні проведено розробку документації на монтаж теплообмінника-утилізатора у тепловій схемі котельні та насосів для цього теплообмінника. Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення трубопроводів, враховані відомості по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Так, загальна маса всіх вантажів становить $\Sigma M_{\text{заг}} = 1,126$ (т), загальна маса теплообмінників і насосів, що встановлюються на котельні, становить відповідно 550 і 133 кг. Після проведення необхідних розрахунків розроблені план та розріз для виконання монтажних робіт, аксонометричну схему трубопроводів. Загальна

тривалість монтажних робіт 6,63 діб. Загальна трудомісткість монтажних робіт становить 31,07 люд·діб.

Проведено розробку автоматизації парового котла для якого була розроблена система автоматичного контролю і регулювання температури пари, розрідження, співвідношення паливо-повітря, контролю витрати палива також описана робота електричних схем сигналізації і захисту котла. Проведено розрахунки автоматичних пристроїв.

Для проведення монтажних робіт розроблено кошторис, за результатами якого: кошторисна вартість $K_v = 53,014$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 2,53 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 0,118$ тис. люд –год, вартість матеріалів – 48,810 тис. грн.

В роботі проведено аналіз умов праці, розроблено вимоги до виробничої санітарії, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та заходи з пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бурдейный Д. Н. Получение энергии и удобрений из биомассы / Д. Н. Бурдейный, В. И. Шаталов, Ю. И. Свитличная // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2010. - № 2. - С. 77-80. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS_2010_2_21 (Дата звернення 20.05.21).
2. Дичко А. О. Інтенсифікація процесу біоенергетичної трансформації біомаси у біогаз / А. О. Дичко, Л. І. Євтеєва, І. О. Ополінський // Управління розвитком складних систем. - 2015. - Вип. 22(1). - С. 193-198. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2015_22%281%29__30 (Дата звернення 20.05.21).
3. Кургак В. Г. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів [Текст] / В. Г. Кургак, А. М. Ткаченко // Вісник аграрної науки : науково - теоретичний журнал Національної академії аграрних наук України. - 2016. - N 2. - С. 15-20.
4. Курило В.Л. Енергетична ефективність цукрових буряків залежно від густоти стояння рослин / В.Л. Курило, А.Н. Ганженко, Ю.П. Дубовый, А.С. Макаренко // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. - 2013. - Вип. 19. - С. 68-73.
5. Носко В.Л. Перспектива розвитку енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс] / В.Л. Носко, І.Є. Бойко, В.В. Камишанов, Ю.І. Лещук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Біологія, біотехнологія, екологія. - 2015. - Вип. 214. - С. 216-222.
6. Гелетуха Г.Г. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні / Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Трибой О.В. // Аналітична записка БАУ № 10. - 2014. - 33 с. - URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-10-ua.pdf> (Дата звернення 20.05.21).
7. Медіа-бібліотека агенства відновлювальних ресурсів. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. - URL: <https://mediathek.fnr.de/> (Дата звернення 20.05.21).
8. Роїк М. В. Концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні / М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. Л. Тимощук // Біоенергетика. - 2014. - № 2. - С. 6-8. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2014_2_2 (Дата звернення 20.05.21).
9. Офіційний сайт компанії kws в Україні. - URL: <http://www.kws.ua/> (Дата звернення 20.05.21).

10. Баадер Б., Доне Е., Брендерфер М. Биогаз: Теория и практика : Москва, Колос, 1982. 148 с.
11. Шацький В. В., Скляр О. Г., Скляр Р. В., Солодка О. О. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні : Пр. Тавр. держ. агротехнол. ун-ту. 2013, вип. 13, т. 3, с. 3-12.
12. Седни В. А., Седнин А. В., Прокопеня И. Н., Шимукович А. А. Анализ факторов, влияющих на производство биогаза при сбраживании осадка сточных вод. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ: Энергетика : научно-технический и производственный журнал, 2009, N 5, с. 49-58.
13. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В., Джеджула В. В. Дослідження параметрів процесу перемішування органічної маси в біогазовій установці з вертикальним пропелерним перемішувачем. Вінниця: Збірник наукових праць ВНАУ, 2010, № 5, с. 139-144
14. Борщ Г. М., Устимчук В. В. Дослідження інтенсивності перемішування субстрату в біогазовій установці. Київ, Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК, 2013, вип. 184(1), с. 131-136.
15. Червоний І. Ф., Куріс Ю. В. Дослідження пристроїв та удосконалення процесів перемішування в біогазових установках. Київ : Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2012, № 2, с. 30-36.
16. Пат. 147423 UA, МПК C02F 11/04. Біогазова установка з однопрохідним біореактором з локальним фрагментом багатократної циркуляції [Текст] / С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов, О. В. Власенко (Україна). – № u 2020 07986 ; заявл. 14.12.2020 ; опубл. 05.05.2021, Бюл. № 18. – 5 с. : кресл.
17. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Теплообмін в системах біоконверсії : монографія, Вінниця : ВНТУ, 2011, 124 с.
18. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : монографія, Вінниця : ВНТУ, 2017, 148 с.
19. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В, Юзюк А. О., Пішеніна Н. В., Дишлюк С. В. Синтез природо- і енергозбережних систем вироблення енергоносіїв із органічних відходів : Вінниця : Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, випуск № 7, серія: Технічні науки, 2011.

20. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Власенко О. В. Потенціал біогазової технології на вінниччині : Вісник ВПІ, 2020, вип. 5, с. 41–48.
21. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Аналіз соціальної та енерго-і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології : Вінниця, Вісник ВПІ, 2021, № 2, с.34.
22. Степанов Д.В., Ткаченко С.Й. Метод формування функціональних та апаратурно-схемних ланцюгів систем виробництва енергоносіїв з органічних відходів : Вінниця, Вісник ВПІ, 2013, №1, с. 80-84.
23. Ткаченко С. Й., Іщенко К. О., «Економія води в технологічних процесах біогазової установки,» Scientific Works, т. 81, No 2, с. 125-130.
24. Тепловой расчет промышленных парогенераторов / Под ред. В.Н. Частихина. – Київ, Вища школа, 1980, 182 с.
25. Чепурний М. М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. Теплові розрахунки парогенераторів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005, 142 с.
26. Ткаченко С.Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005, 138 с.
27. Чепурний М.М. , Ткаченко С.Й., Бужинський В.В. Розрахунки теплових схем когенераційних установок : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2003, 104с.
28. Чепурний М. М. , Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки : навч. посіб. Вінниця : "Поділля - 2000", 2004, 532с.
29. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов 5-е изд.; перераб. М.: Энергоиздат, 1982, 360с.
30. ТОВ "Зорг Біогаз Україна" [Електронний ресурс]. URL: <http://zorg.ua/contacts?lang=ua> (Дата звернення 15.12.2020).
31. LTV Landmaschinen und Transporttechnik Vertriebsgesellschaft mbH [Електронний ресурс]. URL: <http://ltvukraine.com.ua/contacts> (Дата звернення 15.12.2020).
32. Компанія «Спектр-Продукт» [Електронний ресурс]. URL: <https://www.sproduct.com.ua/pro-nas/> (дата звернення 15.12.2020).
33. ТОВ «Енвітек» [Електронний ресурс]. URL:<http://envitec.com.ua/ua/> (Дата звернення 15.12.2020).
34. Гавриш В. І. Визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу. Економіка АПК, 2014, № 3, с. 24-29. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2014_3_5 (Дата звернення 15.12.2020).

35. Сигал И. Я., Колчев В. А., Сигал А. А., Марасин А. В., Бражник В. С., Смихула А. В. Особенности использования биогаза, получаемого на очистных сооружениях, в качестве топлива для котлов. Экология и промышленность, 2014, № 2, с. 17-21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2014_2_5 (Дата звернення 15.12.2020).

36. Гюнтер Л. И., Гольдфа Л. Л. Метантенки : монографія. М, Стройиздат, 1991, 129с.

37. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе: ГОСТ 22667-82. – [Чинний від 1983-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1983. –3 с.

38. Колієнко А. Г. До питання про якість горючого газу / А. Г. Колієнко, О. В. Шеліманова, В. А. Колієнко // Енергетика і автоматика. - 2016. - № 1. - С. 135-144.

39. Копання котлованів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/Корка-kotlovana-tsena-za-kub.html> (дата звернення: 15.12.2018).

40. Плотность биогаза сточных вод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agrobiogaz.ru/quality.php> (дата звернення: 15.12.2018).

41. Способы внесения удобрений и агротехнические требования [Електронний ресурс]. – <https://helpiks.org/7-60921.html> (дата звернення: 15.12.2018).

42. Компания «Интерсталь Буд» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://interstal.com.ua/stroitelstvo/stroitelstvo-angara-stroitelstvo-sklada-stroitelstvo-tseha/?gclid=Cj0KCQiA6dLgBRDoARIsAJgoM4tWrtM2SFL17kAP_Y-XESMeBYf715uCx0SpX1YWEjWpY9u6Aqm5wFFYaAsH2EALw_wcB (дата звернення: 15.12.2020).

43. ООО "КОМПАНИЯ ЛТС". Прайс-лист [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://lts.company/price_ob/ob_exp.htm (дата звернення: 15.12.2020).

44. Резервуар для газа метана [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://russian.alibaba.com/product-detail/methane-gas-tank-for-methane-generator-double-membrane-876151679.html?spm=a2700.8699010.29.32.24802470OSPONS> (дата звернення: 15.12.2020).

45. Инженерная компания АЭРФОРС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://airforce.ua/kompressor-dlya-biogaza/> (дата звернення: 15.12.2020).

46. Shenzhen USG Technology Co. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://russian.alibaba.com/product-detail/biogas-purification-technology-diy->

biomass-methane-generator-60711999092.html?spm=_
a2700.8699010.29.1.24802470OSPONS (дата звернення: 15.12.2020).

47. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок / Бакластов А.М. –М.: Энергия, 1970.– 558 с.

48. Порядок визначення кошторисної вартості будівництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://studopedia.com.ua/view_ekonomikabud.php?id=35.

49. Ресурсные элементные сметные нормы на монтаж оборудования ДСТУ БДН Д.2.2.9-99. – К. : Держстандарт України, 204. – 34 с.

50. Указания по применению ресурсных элементных сметных норм на монтаж оборудования ДСТУ БДН Д.1.1-3-99. –К.: Держстандарт України, 06.–18 с.

51. Монтаж котлів малої потужності [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://thermopraktik.ua/uslugi/proektirovanie-montazh-sistem-otopleniya> (дата звернення: 15.12.2020)

52. Рекомендації по монтажу та наладці ІТП [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://termofort.kiev.ua/ua/poslugi/montaj_nalashtuvannja_servis.html (дата звернення: 15.12.2020)

53. ДБН Д.2.3-12-99 Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.

54. ДБН Д.2.2-16-1999. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні. – К.: Держстандарт України, 2000. – 48 с.

55. ДБН Д.2.4-19-2000. Збірник 19. Ізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 29 с.

56. ДБН Д.2.3-7-99 Збірник 7. Компресорні установки, насоси, вентилятори. – К.: Держстандарт України, 1999. – 47 с.

57. ДБН Д.2.4-15-2000 Збірник 20. – Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 107 с.

58. Автомобиль КАМАЗ 5320 и его модификации [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://gredx.ru/history/kamaz-5320> (дата звернення: 15.12.2020)

59. Каталог кранів КС на спеціальному шассі [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.techstory.ru>. (дата звернення: 15.12.2020)

60. Каталог обладнання для електричного зварювання [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://hunter-ua.com/ru>. (дата звернення: 15.12.2020)

61. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс] -

Режим доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 15.12.2020)

62. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 – Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 74 с.

63. Автоматизація котлів та котельень. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://posibnyku.vntu.edu.ua/k_u/p12.html. – Назв з екрану.

64. Котельні: ДБН В.2.5-77:2014. [Чинні від 01.01.2015] – К.: Мінрегіон України, 2015. – 65 с.

65. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах: ДСТУ Б А.2.4-16:2008. - [Чинний від 2008 -06-27 № 271]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.

66. Системы автоматического управления на основе программируемых логических контроллеров. Техническая коллекция Schneider Electric. ЗАО «Шнейдер Электрик» / Валерий Саженов. – Выпуск № 16, март 2008 г.

67. Чуриков А. А. Анализ функциональной схемы автоматизации и расчет структуры службы эксплуатации контрольно- измерительных приборов и средств автоматики: Метод. указ. / Сост.: А. А. Чуриков, А. Е. Бояринов, Г. В. Шишкина. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 32 с.

68. Технічні характеристики котла БКЗ-75-39. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mosenergoinform.ru/kotel/bkz.htm>. (дата звернення: 15.12.2020).

69. Липатников Г. А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики: Учебное пособие / Г. А. Липатников, М. С. Гузеев. – Владивосток: 2007. – 137 с.

70. Технічні характеристики природного газу. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7 (дата звернення: 15.12.2020)

71. Регулятор рівня САУ-М7Е. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/prystroji-kontrolju-ta-keruvannja/sau-m7e-reguljator-rivnja-ridkyh-ta-sypuchih-seredovyshch>. (дата звернення: 15.12.2020)

72. Датчики рівня. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/datchyky/ds-odnoelektroдни-konduktometrichni-datchyky-rivnja/tehnichni-harakterystyky>. (дата звернення: 15.12.2020)

73. Вакууметри та датчики вакууму. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.msht.com.ua/catalog/902/>. (дата звернення: 15.12.2020)

74. Витратоміри. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.massflow.ru/catalog/gazovye-rashodomery-i-regulatory/teplovye/646/?gclid=CjwKCAjw4pT1BRBUEiwAm5QuR2YGwyhVYgIEn14mMmZDUjQyC2UAFJ7UFqoXr13_LxNX4ZoWX12crhoCG-YQAvD_BwE#chars. (дата звернення: 15.12.2020)
75. Модульний контактор Hager. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/hager_esc425/p115470799/characteristics/try-230-2-0/. (дата звернення: 15.12.2020)
76. Розрахунок регулюючого органу. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.samson.de/pdf_in/t00040ru.pdf. (дата звернення: 15.12.2020)
77. Шибєрні засувки. Характеристики. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://catalog.novatec.su/catalog/shibernye_zadvizhki/. (дата звернення: 15.12.2020)
78. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml> (дата звернення: 15.12.2020)
79. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 15.12.2020)
80. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення: 15.12.2020)
81. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 15.12.2020)
82. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. -154 с.
83. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf. (дата звернення: 15.12.2020)

ДОДАТКИ

Додаток А

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства

установи _____ підпис

Підпис Ініціали та прізвище

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

д. т. н., проф.

_____ С. Й. Ткаченко

« ____ » _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія

Термін початку і виконання роботи:

з _____ р. до _____ р.

Студент гр. ТЕ-19мз
Керівник д.т.н., проф.

Коваль Д. М.
Ткаченко С. Й.

Вінниця, ВНТУ 2021

1 Найменування і область використання продукції

Дана розробка стосується модернізації парової котельні, яка призначена підвищити економічність, енергетичну ефективність та зменшити шкідливі викиди котельні в навколишнє середовище. Дана розробка може бути використана для парових і водогрійних котелень комунальних, харчових та переробних підприємств

2 Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є зменшення витрати природного газу парової котельні шляхом переведення її на спалювання біогазу і влаштування утилізатора теплоти відхідних газів котлів.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є параметри по опаленню, теплопостачанню, а також нормативні дані по необхідним параметрам, які наведені в інших літературних джерелах:

ДБН В.2.5-77:2014– "Котельні установки".

СНиП 2.04.07 – 86 – "Теплові мережі".

ДБН А.2.2.-1-95 – "Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд".

СНиП 2.04.14 – 88 – Теплова ізоляція обладнання трубопроводів

Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навчальний посібник. / Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2005.– 137с.

Чепурной М. М. Энергетическая эффективность утилизации продуктов сгорания газообразных топлив / М. М. Чепурной, Н. В. Резидент // Энергетическая стратегия. - 2015. - № 4. - С. 50 - 52.

Чепурний М. М. Теплоелектроцентралі на базі опалювальних котелень і газотурбінних установок / М. М. Чепурной, Н. В. Резидент, С. В. Поліщук // Наукові праці ВНТУ. – 2015. - №3.

4 Основа для виконання

Наказ ректора № 64 від 09. 03. 2021 року.

Основою для розробки є необхідність підвищення економічної, енергетичної та екологічної ефективності парової котельні.

5 Технічні вимоги

5.1 Запроектowana система повинна виконувати такі функції:

- а) забезпечення споживачів водяною парою з визначеною кількістю та параметрами;
- б) забезпечення оптимальних температур відхідних газів на вході в димову трубу;
- в) забезпечення зменшення споживання природного газу;
- г) забезпечення зменшення шкідливих викидів в навколишнє середовище.

6 Економічні показники

6.1 На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши декілька варіантів теплоенергетичних систем, вибрано оптимальний.

6.2 Визначивши собівартість теплоти, здійснити економічне обґрунтування доцільності розробки енергоефективних заходів.

7 Заходи з енергозбереження

Переведення котельні на часткове або повне використання біогазу.

Встановити теплоізоляцію трубопроводів.

Використовувати автоматичне регулювання основних параметрів роботи котельні.

Використовувати енергоефективне насосне та тягодуттьове обладнання.

Використовувати енергозберіжні технології освітлення.

У теплообміннику утилізувати відхідні гази котельні.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

9 Вимоги до надійності

На надійність роботи обладнання котельні впливають якість проекту, монтажу та рівень підготовки обслуговуючого персоналу. Параметри показників, які забезпечують визначену надійність встановлюються у відповідних державних стандартах.

10 Стадії і етапи розробки

10.1 Аналітичний огляд літературних джерел по застосуванню біопалива в твердопаливних котлах;

10.2 Науковий підхід щодо використання альтернативного палива;

10.3 Дослідження роботи котла Е-1/9-1 на біопаливі;

10.4 Порівняльний аналіз роботи котла на різних видах палива;

10.5 Модернізацію котельні;

10.6 Підвищення енергоефективної роботи котла за рахунок автоматизації;

10.7 Розробка кошторису;

10.8 Розробка заходів з охорони здоров'я та із захисту навколишнього середовища.

11 Порядок контролю та прийняття роботи

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання проекту.

Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Коректування технічного завдання допускається з дозволу керівника роботи.

Розробив студент групи ТЕ-19мз

Коваль Д. М.

Додаток Б

Форма № 1

Локальний кошторис на монтажні роботи № 2-1-1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 53,014 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,118 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 2,530 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,8 розряд

Складений в поточних цінах станом на "2 03" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E16-7-7	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками на умовний тиск не більше 2,5 МПа, що монтуються з готових вузлів, діаметр 57 мм, ГОСТ 10704-91.	100м	0,1123	<u>46820,56</u>	<u>397,80</u>	5258	204	<u>45</u>	<u>91,02</u>	<u>10,22</u>
					1812,21	88,86			10	5,227	0,59
2	E16-15-2	Кран шаровий Ду 50, 12X18H10T, фланцеве з'єднання	шт	5	<u>578,65</u>	<u>16,71</u>	2893	246	<u>84</u>	<u>2,41</u>	<u>12,05</u>
					49,12	3,23			16	0,1814	0,91
3	E26-1-7	Теплоізоляція трубопроводів K-FLEX 62x057-2 ST, діаметром 50 мм, товщиною 60 мм	10м	1,123	<u>1762,87</u>	<u>11,41</u>	1980	286	<u>13</u>	<u>11,84</u>	<u>13,3</u>
					254,56	3,55			4	0,2128	0,24
4	E16-15-2	Фланець для трубопроводів на тиск Ру 0,1 та 0,25 МПа, умовний діаметр 50, ГОСТ 12820-80	шт	16	<u>124,29</u>	<u>16,71</u>	1989	786	<u>267</u>	<u>2,41</u>	<u>38,56</u>
					49,12	3,23			52	0,1814	2,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	E18-13-1	Установлення насосів підживлювальних UPSD 65-180F	шт	1	<u>639,29</u> 429,38	<u>33,37</u> 8,71	639	429	<u>33</u> 9	<u>21,32</u> 0,5002	<u>21,32</u> 0,5
6	C130-508 варіант 3	насос UPSD 65-180F	шт	1	<u>6504,97</u> -	- -	6505	-	- -	- -	- -
7	E16-15-2	Клапан зворотний фланцевий 16C13НЖ, Ду50, Ру1 МПа	шт	2	<u>816,25</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	1633	98	<u>33</u> 6	<u>2,41</u> 0,1814	<u>4,82</u> 0,36
8	E18-17-3	Установлення теплообмінника - утилізатор, 45 кВт,	шт	1	<u>30484,05</u> 37,55	<u>8,65</u> 2,73	30484	38	<u>9</u> 3	<u>1,82</u> 0,1602	<u>1,82</u> 0,16
Разом прямі витрати по кошторису							51381	2087	<u>484</u> 100		<u>102,09</u> 5,66
Разом будівельні роботи, грн.							51381				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							48810				
всього заробітна плата, грн.							2187				
Загальновиробничі витрати, грн.							1633				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							10,56				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							343				
Всього будівельні роботи, грн.							53014				

Всього по кошторису							53014				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							118				
Кошторисна заробітна плата, грн.							2530				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток В

Математична модель та програма розрахунку техніко-економічного аналізу

Для оцінки доцільності встановлення комплексу по виробництву біогазу проведемо оцінку роботи комплексу по економічним показникам.

Продуктами роботи біогазової установки є біогаз, тверді та рідкі органічні добрива. Вартість добрив коливається на ринку в залежності від виду та якості в межах 80...3000 грн/м³ для рідких і 100...1500 грн/т для твердих біодобрив. Враховуючи, що отримані біодобрива необхідно доставити і упакувати, а це не передбачено проектом то приймаємо нижню оптову ціну для обох видів.

Очікуваний орієнтовний дохід від продажу біодобрив за рік

– твердих

$$D_{т.д} = C_{т.д} \cdot M_{т} \cdot \tau_{р} \quad (B.1)$$

де $\tau_{р}$ – тривалість сезону виробництва добрив

– рідких

$$D_{р.д} = C_{р.д} \cdot M_{р} \cdot \tau_{р} \quad (B.2)$$

Кількість заміщеного природного газу біогазом

$$V' = \frac{Q_{н}^{р.бг}}{Q_{н}^{р.пг}} \cdot V_{бг} \quad (B.3)$$

Економія коштів за рахунок заміщення природного газу біогазом

$$E = V' \cdot C_{пг} \quad (B.4)$$

Сумарний дохід від реалізації продукції

$$S = D_{т.д} + D_{р.д} + E \quad (B.5)$$

Сумарні капітальні витрати на спорудження об'єкта

$$S_{\text{бг}} = \Pi_{\text{р}} + \Pi_{\text{ск}} + \Pi_{\text{сеп}} + \Pi_{\text{сф}} + \Pi_{\text{бгр}}. \quad (\text{B.6})$$

Орієнтовний термін окупності капітальних вкладень в спорудження
БГУ

$$T = \frac{S_{\text{бг}}}{S - \Pi_{\text{е}}}. \quad (\text{B.7})$$

Додаток Г

Програма розрахунку парового котла Е-1/9 на біогазі

Об'єми і ентальпії продуктів згорання

Теплота згорання		кДж/кг	20710
Теплота згорання		ккал/кг	4946,26224
1. Теоретичний об'єм повітря		куб.м/кг	5,485
2. Теоретичний об'єм триатомних газів		куб.м/кг	0,980
3. Теоретичний об'єм азоту		куб.м/кг	4,355
4. Теоретичний об'єм водяних парів		куб.м/кг	1,253
Коефіцієнт надлишку повітря за топкою		-	1,100
Коефіцієнт надлишку повітря за кип'ят.пучком		-	1,150
Дійсний об'єм водяних парів в топці		куб.м/кг	1,262
Дійсний об'єм водяних парів в кип. пучку		куб.м/кг	1,266
Дійсний об'єм водяних парів в економайзері		куб.м/кг	
Дійсний об'єм димових газів в топці		куб.м/кг	7,145
Дійсний об'єм димових газів в кип пучку		куб.м/кг	7,424
Доля триатомних газів в топці		-	0,137
Доля триатомних газів в кип пучку		-	0,132
Доля триатомних газів в економайзері		-	
Доля водяної пари в газах в топці		-	0,177
Доля водяної пари в газах в кип пучку		-	0,171
Доля водяної пари в газах в економайзері		-	
Доля триатомн.газів та водяної пари в топці		-	0,314
Доля триатомн.газів та водяної пари в КП		-	0,303

Тепловий баланс і витрата палива

Температура відхідних газів	град. С	330,000
Ентальпія відхідних газів	кДж/кг	3502,0
Температура холодного повітря	град. С	20,000
Ентальпія холодного повітря	кДж/кг	110,760
Теплота згорання палива	кДж/кг	20710,0
Втрати теплоти з відхідними газами	%	16,910
Втрати теплоти з хімічним недопалом	%	0,500
Втрати теплоти з механічним недопалом	%	0,000
Втрати теплоти з охолодженням котла	%	3,200
ККД котла	%	80,000
Коефіцієнт збереження теплоти	-	0,962
Температура води на вході в котел	град. С	50,000
Ентальпія води на вході в котел	кДж/кг	209,500
Ентальпія пари на виході з котла	кДж/кг	2774,000

Паровидатність котла	т/год	1,000
То же	кг/с	0,28
Частка продувки	--	0,03
Ентальпія котлової води	кДж/кг	762,700
Теплова потужність котла	кВт	716,971
Теплова потужність відходів деревини	кВт	896,214
Розрахункова витрата палива	кг/с	0,04327
То же	кг/годину	155,788

Розрахунок топки

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	-	1,100
Теплота , що вноситься в топку з повітр	кДж/куб.м	121,836
Корисне тепловиділення в топці	кДж/куб.м	20728,3
Адіабатна температура горіння***	град. С	1762,00
То же	град. К	2035,00
Об'єм топочної камери	куб.м	2,43100
Площа стін топочної камери	кв.м	6,90000
Площа промінеспрійм поверхні топки	кв.м	4,60000
Ступінь екранування стін топки	-	0,667
Ефективна товщина випромін шару	м	1,268
Прийнята температура газів на виході	град. С	1050,0
Ентальпія газів на виході з топки***	кДж/кг	11800,0
Теплоємність газів	кДж/(куб.м*К)	12,540
Теплове навантаження на об'єм топки	кВт/куб.м	368,7
Коеф. поглинання 3-атом. газами	1/(м*МПа)	2,670
Коефіцієнт Ср/Нр	-	11,163
Коеф. поглинання сажистими частинками	1/(м*МПа)	0,200
Коеф. поглинання для промен полум"я	1/(м*МПа)	2,690
Критерій Бугера	-	0,341
Ефективне значення критерія Бугера	-	0,509
Параметр М	-	0,382
Коефіцієнт ефективності екранів	-	0,400
Температура газів на виході з топки	град. С	1044,8
Ентальпія газів на виході з топки***	кДж/кг	11759,0
Променисте теплосприйняття топки	кДж/кг	8628,5
Розходження по теплосприйняттю	%	-0,349
Потужність топки	кВт	373,392
Теплове навант. променеспр. поверхні	кВт/кв.м	81,172

Розрахунок кип'ятильного пучка

Діаметр труби	м	0,051
Кількість рядів труб	-	15,000

Середня довжина труб	м	1,120
Кількість труб в ряду		10,000
Повна площа поверхні пучка	кв.м	24,021
Поперечний переріз для проходу газів	кв. м	0,3161
Ефективна товщина випромін шару	м	0,179
Температура газів на вході в пучок	град. С	1044,8
Ентальпія газів на вході в пучок	кДж/кг	11759,0
Прийнята температ. газів на виході з пучка		330,0
Ентальпія газів на виході з пучка	кДж/кг	3502,0
Випромінення із топки	кДж/кг	1450,6
Теплосприйняття пучка за балансом	кДж/кг	7948,6
Температура кипіння	град. С	174,0
Середня температура газів	град. С	687,389
Середньотемпературний напір	град. С	416
Швидкість газів в пучку	м/с	3,575
Коеф. теплопровідності газів	Вт/(м*К)	0,08136317
Коеф. Вязкості газів	м ² /с	103,8362593
Критерій Прандтля	-	0,604147183
Критерій Рейнольдса	-	1756,0
Температура забрудненої стінки труби	град. С	234,000
Коефіцієнт тепловіддачі від газів конвекцією	Вт/(кв.м*К)	34,72
Коеф. поглинання 3-атом. газами	1/(м*МПа)	8,631
Коеф. поглинання сажистими частинками	1/(м*МПа)	1,406
Коеф. поглинання для промен полум"я	1/(м*МПа)	8,772
Ступінь чорноти газів	-	0,1452
Коефіцієнт тепловіддачі випроміненням газів	Вт/(кв.м*К)	12,512
Коефіцієнт тепловіддачі від газів	Вт/(кв.м*К)	47,234
Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(кв.м*К)	34,481
Теплосприйняття пучка	кДж/кг	7956,0
Теплова потужність пучка	кВт	344,3
Розходження теплосприйняття	%	0,094
Загальна невязка	%	-0,099

Поз. обозна- чення	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Перелік елементів</i>						
1	Верхній барабан		φ650			
2	Нижній барабан		φ650			
3	Екранні труби		φ51x2,5			
4	Труби конвективного пучка		φ51x2,5			
5	Колектор		φ108x4			
6	Стельовий екран					
7	Розподільчий пристрій подачі палива					
8	Колосникова решітка					
9	Короб підводу повітря					
10	Вихід в димову трубу					
11	Привід розподільчого пристрою					
12	Решітка вивантаження золи					
13	Привід вивантажувальної решітки					
14	Одмуровка топки					
08-11.МКР.002.01.000.00						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			
Разрад.	Коваль Д. М.					
Пров.	Ткаченко С. И.					
Рецензент	Дудар І.Н.					
Н.контр.	Слівак О. Ю.					
Утв.	Ткаченко С. И.					
Инв. № подл.		Парогенератор Е-1/9 на біогазі		Лит.	Лист	Листов
						1
				ВНТУ, зр ТЕ-19мз		

08-11.МКР.002.01.0000.00 СК

Перв. примен.

Справ. №

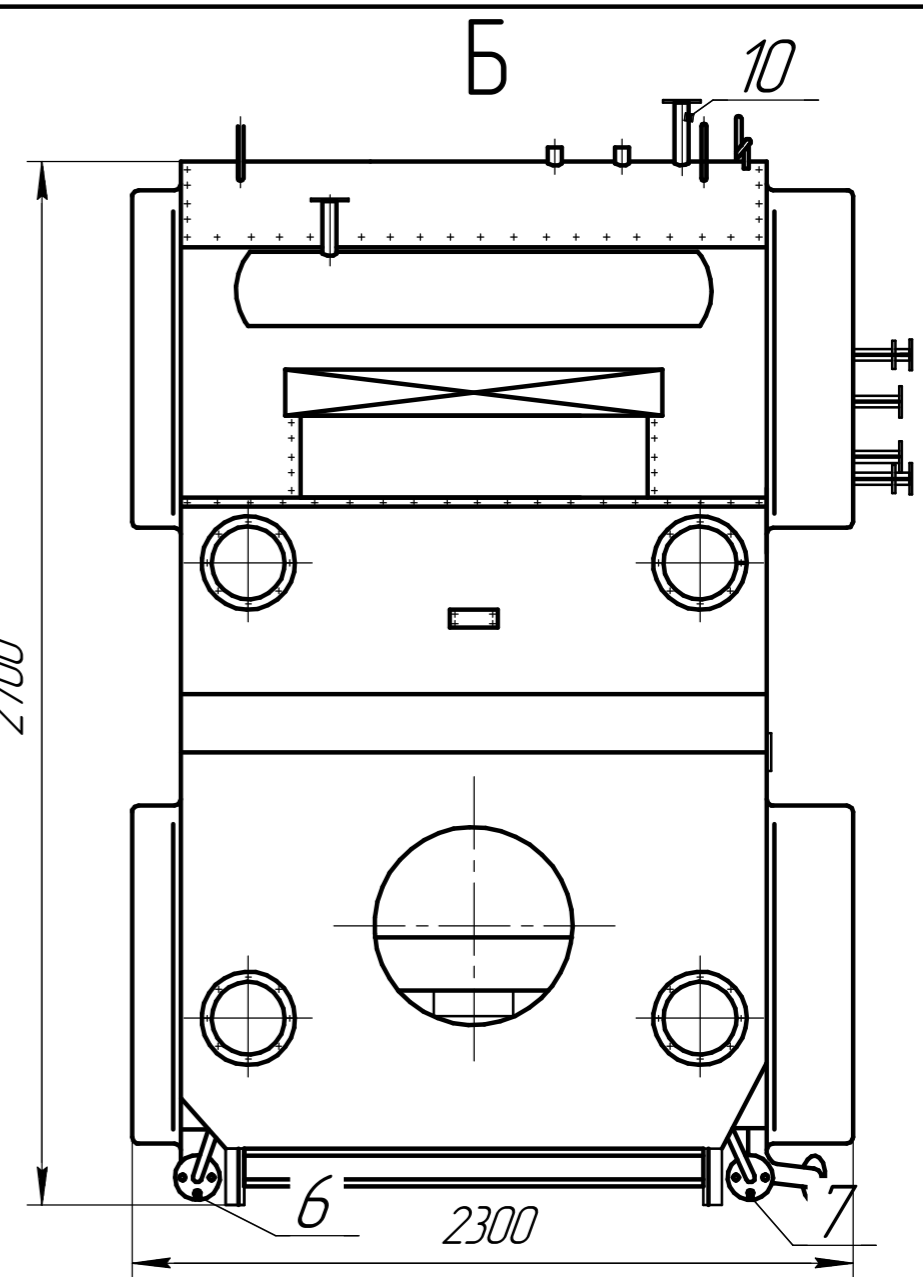
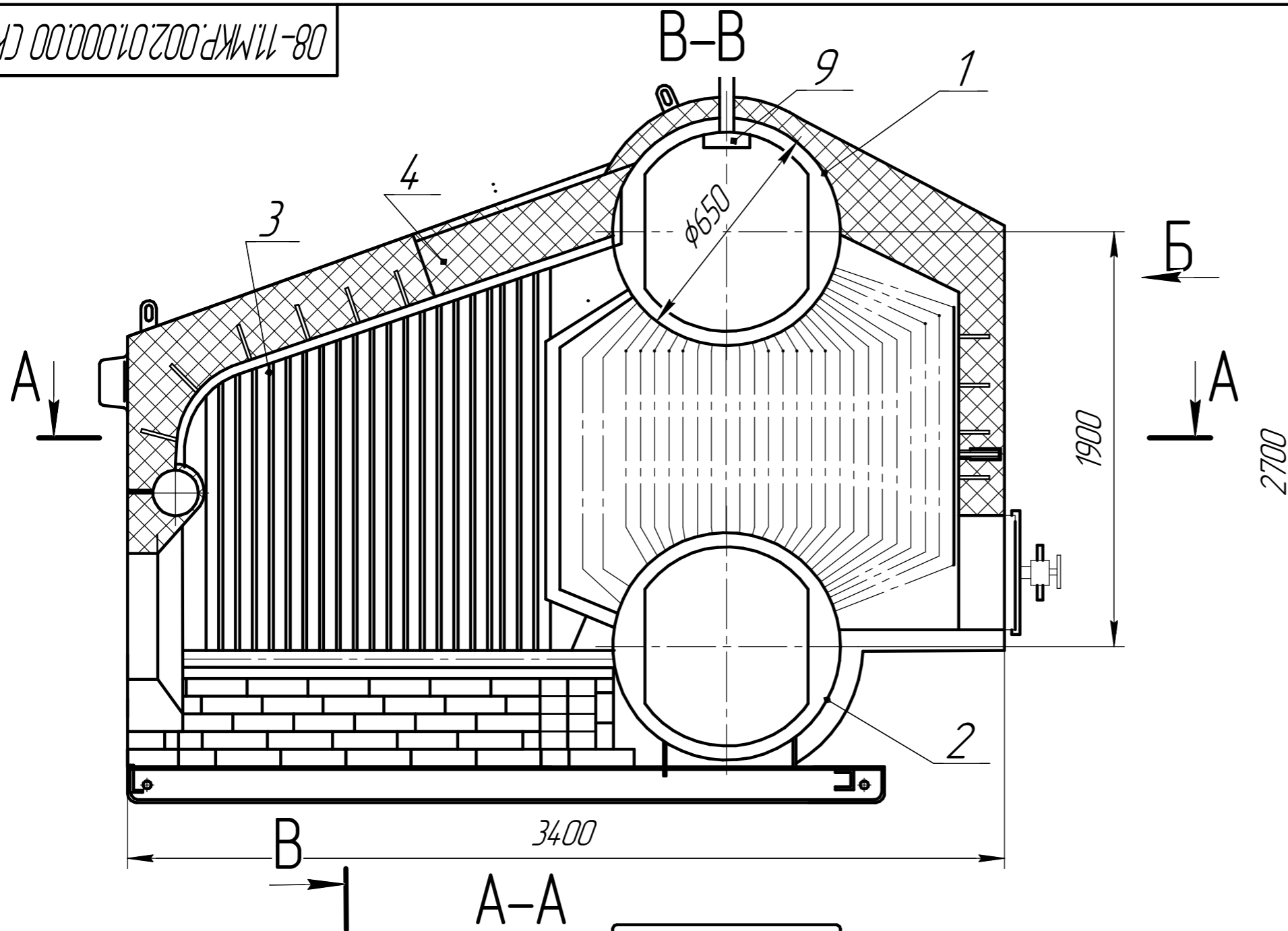
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Технічні характеристики

Номинальна паропродуктивність.....1 т/год

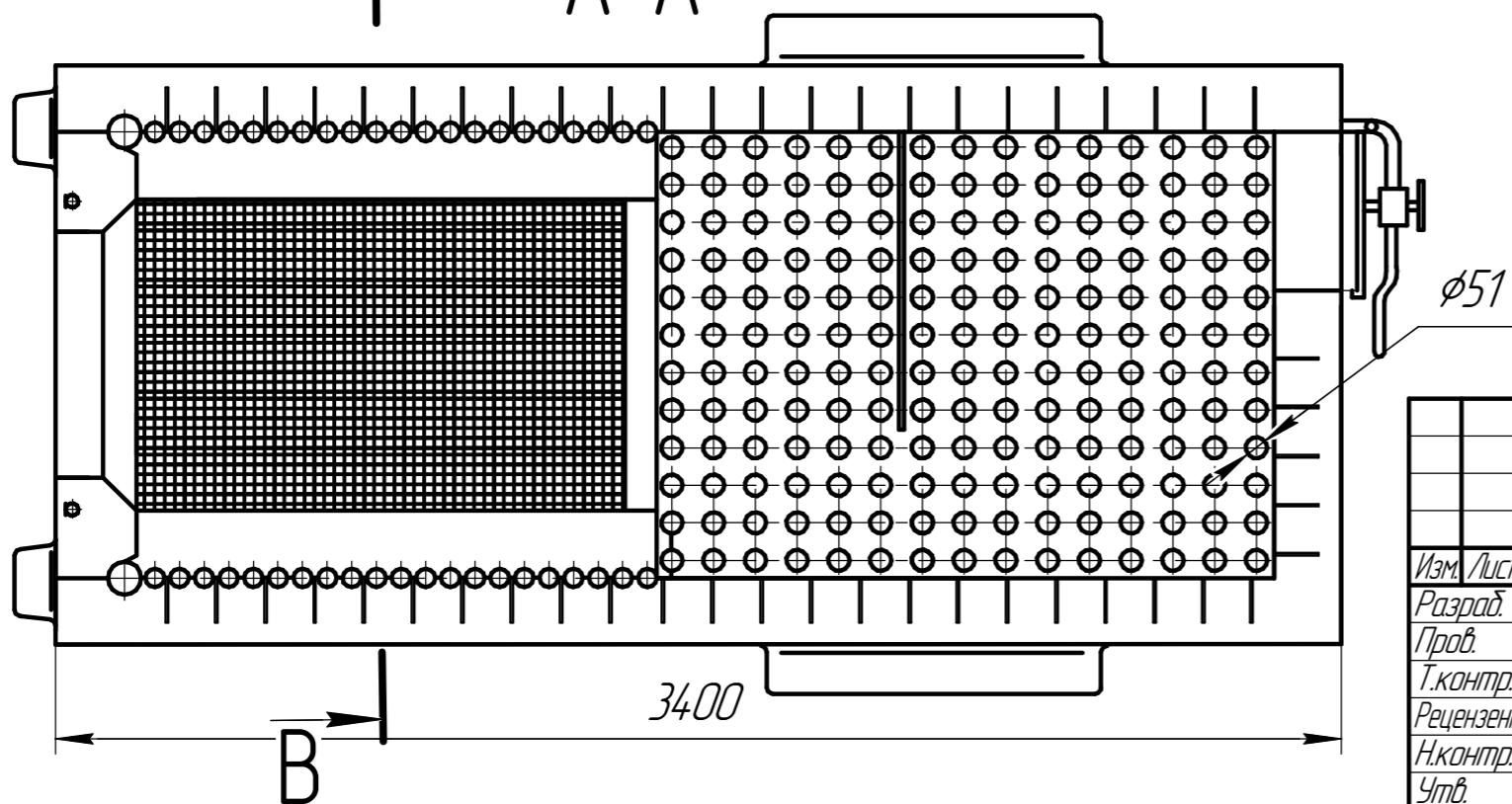
Робочий тиск пари.....0,8 МПа

Розрахункова температура насиченої пари.....174 °С

Об'єм топкового простору.....1,7 мкуб.

Діаметр труб.....51x4 мм

Маса котла.....3,8 т



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коваль Д. М.		
Проб.		Ткаченко С. И.		
Т.контр.		Ткаченко С. И.		
Рецензент		Дудар І. Н.		
Н.контр.		Слівак О. Ю.		
Утв.		Ткаченко С. И.		

08-11.МКР.002.01.0000.00 СК

Парогенератор Е-1/9
на біогазі
Складальне креслення

Лист	Масса	Масштаб
	3780	1:50
Лист	Листов 1	

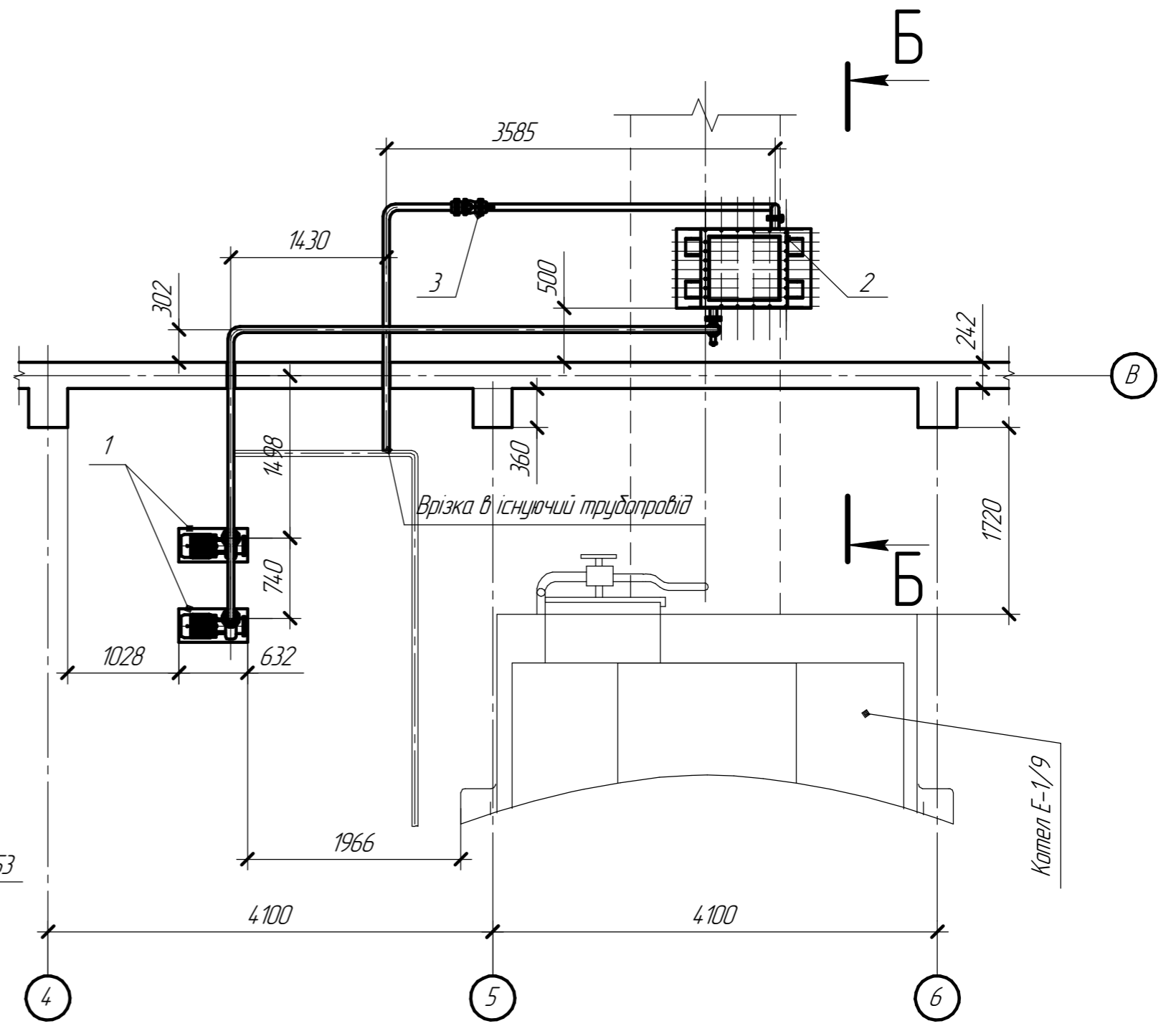
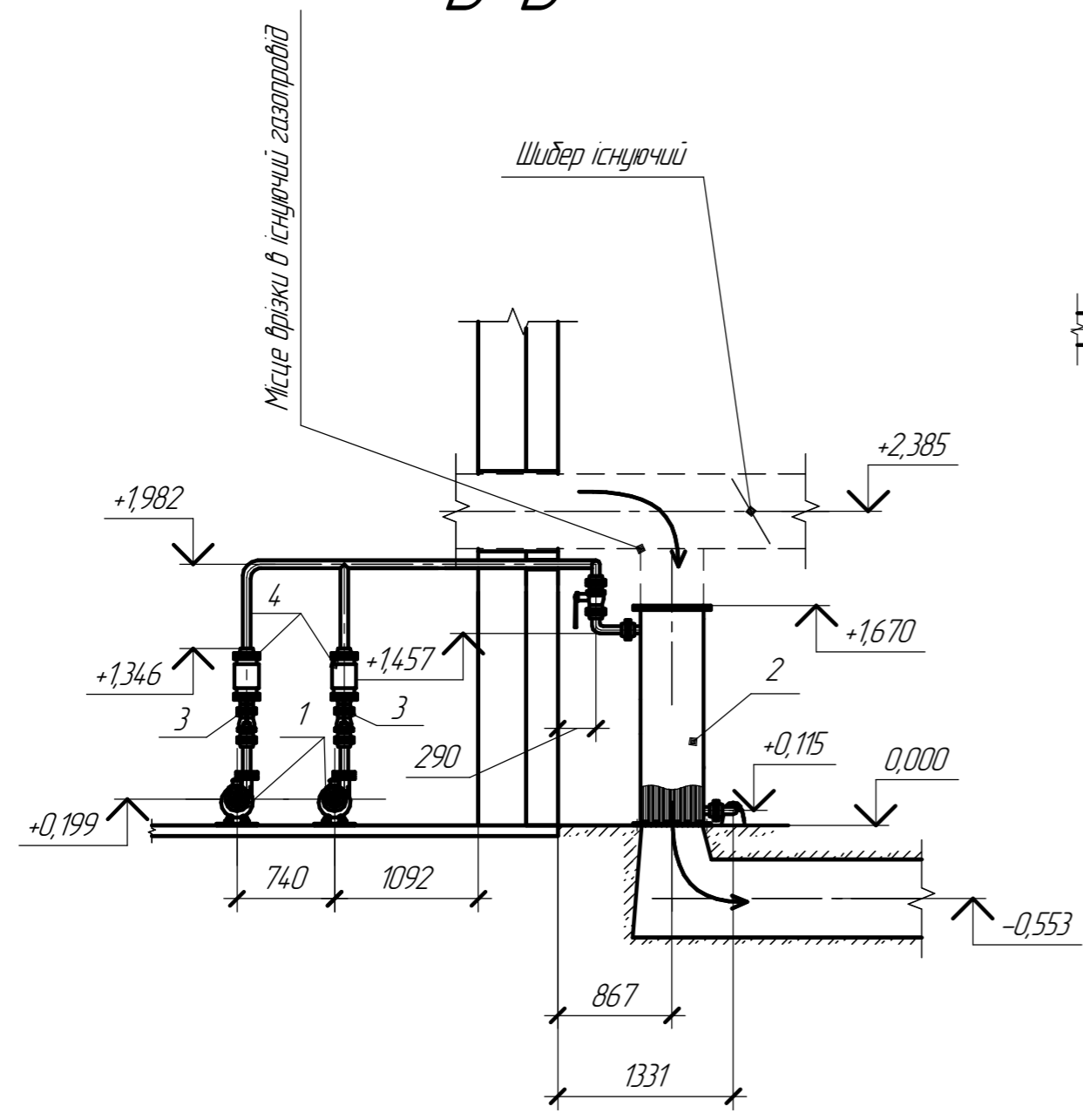
ВНТУ, зр ТЕ-19м3

Копировал

Формат А3

	Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование		Кол.	Примечание			
			<i>Перелік елементів</i>						
		1	<i>Насос живильної води</i>		2				
		2	<i>Теплообмінник-утилізатор димових газів</i>		1				
		3	<i>Кран кульбовий фланцевий</i>		5				
		4	<i>Клапан зворотний фланцевий</i>		2				
			08-11.MKP.002.02.000.00						
			<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		
Инв. № подл.		<i>Разрад.</i>	<i>Коваль Д. М.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		<i>Пров.</i>	<i>Ткаченко С. И.</i>						
		<i>Рецензент</i>	<i>Дудар І.Н.</i>						
		<i>Н.контр.</i>	<i>Слівак О. Ю.</i>						
		<i>Утв.</i>	<i>Ткаченко С. И.</i>						
			<i>План та розріз трубопроводів котельні</i>						1
			ВНТУ, зр. ТЕ-19мз						
<i>Копировал</i>							<i>Формат А4</i>		

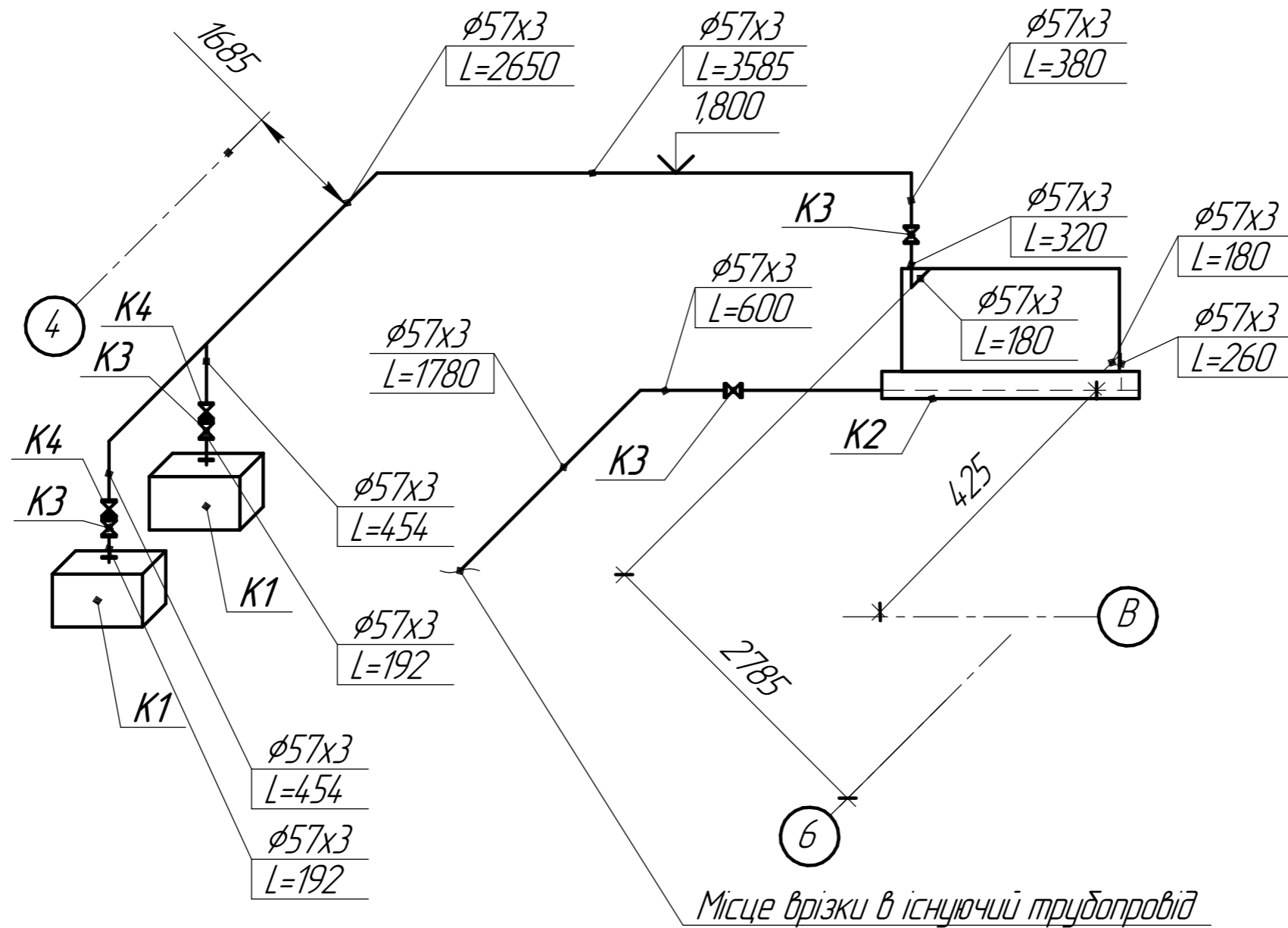
Б-Б



Согласовано

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

08-11.МКР.002.02.000.00 АР					
м. Вінниця					
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработ	Коваль Д. М.				
Проверил	Ткаченко С. И.				
Т. контр.	Ткаченко С. И.				
Рецензент	Дудар І. Н.				
Н. Контр.	Слівак О. Ю.				
Затв.	Ткаченко С. И.				
Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія				Стадія	Лист
План та розріз трубопроводів котельні					1
				ВНТУ, зр. ТЕ-19мз	



Умовні позначення

- K1 – насос підживлювальний;*
- K2 – теплообмінник-утилізатор;*
- K3 – вентиль запірний;*
- K4 – клапан зворотній.*

фланцеве з'єднання

вентиль з фланцевим з'єднанням

- Загальна кількість вентилів 57x3 – 5 шт.*
- Загальна кількість зворотніх клапанів 57x3 – 2 шт.*
- Загальна довжина трубопроводів 57x3 – 11,23 м.*
- Загальна кількість фланців 57x3 – 16 шт.*

						08-11.МКР.002.03.000.00 Г5			
						м. Вінниця			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія	Стадія	Лист	Листов
Розробив		Коваль Д. М.							1
Перевірив		Ткаченко С. І.							
Т. контр.		Ткаченко С. І.							
Рецензент		Дудар І. Н.							
Н. Контр.		Слівак О. Ю.				Аксонетрична схема трубопроводів монтажу теплообмінника	ВНТУ, ТЕ-19МЗ		
Затв.		Ткаченко С. І.							

Согласовано

Взам. инв. №

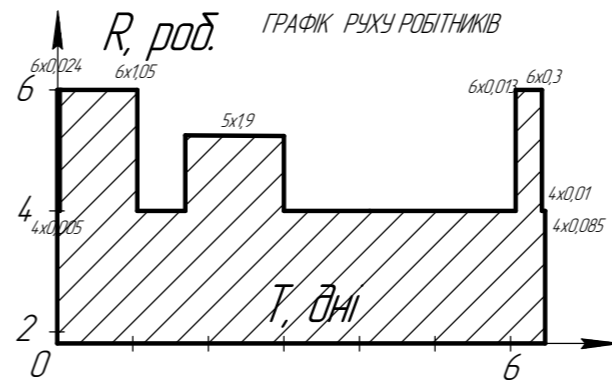
Подп. и дата

Инв. № подл.

Календарний план монтажу обладнання котельні

Липень, 2019

№	Назва робіт	Од. вим.	Об'єм робіт	Норма часу, люд·год	Трудовісткість, люд·дні	Кіл. люд	Склад бригад	Тривалість, дні																															
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31	
1	Доставка деталей до місць монтажу та їх складування	т	1,126	1	0,14	6	4 робітники-монтаж, водія	0,024	6x0,024																														
2	Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,112	1,3	0,018	4	Слюсар 4 розряду	0,005	4x0,005																														
3	Монтаж теплообмінника-утилізатора	шт	1	50,16	6,27	6	Слюсар 3, 4 розряду	1,05	6x1,05																														
4	Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм	100м	0,112	410,2	5,74	4	Слюсар 4 розряду	1,44	4x1,44																														
5	Монтаж циркуляційного насоса	шт.	2	37,8	9,45	5	Слюсар 4 розряду	1,9	5x1,9																														
6	Встановлення запірної арматури Ду50	10шт	0,7	64	5,6	4	Слюсар 3, 8 розряду	1,4	4x1,4																														
7	Встановлення фланців Ду50	шт	8	1,57	1,6	4	Слюсар 4 розряду	0,4	4x0,4																														
8	Перше робоче випробування окремих частин	100 м	0,112	5,4	0,076	6	Слюсар 5 розряду	0,013	6x0,013																														
9	Ізоляція трубопроводів циліндрами з мінвати, Д 57 мм, товщ 60 мм	100 м	0,112	126,7	1,8	6	Слюсар 4, 2 розряду	0,3	6x0,3																														
10	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	0,112	2,9	0,04	4	Слюсар 5 розряду	0,01	4x0,01																														
11	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,112	2,4	0,34	4	Слюсар 5 розряду	0,084	4x0,085																														



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

КАМАЗ 5320	0,069 маш-год						
КАМАЗ КС-5572	6,5 маш-год						
BOSCH-GBH 2-18 RE		11,07 маш-год					
MMA 307 PROFi	36,6 маш-год						

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$Q_{зод}$	Q_i	31,07	люд·дні
2	$T_{зод}$	-	6,63	дні
3	R_{max}	-	6	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{зод}/T_{зод}$	4,69	люд
5	$T_{вст}$	-	6,63	дні
6	\pm_1	$R_{сер}/R_{max}$	0,78	-
7	\pm_2	$T_{вст}/T_{зод}$	1,0	-

08-11.МКН.002.04.000.00 КП					
м. Вінниця					
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив					
Перевірив					
Т. контр.					
Рецензент					
Н. Контр.					
Затв.					
Модернізація котельні молокозаводу з використанням біометану в якості енергоносія					Лист
Календарний план монтажних робіт					1
ВНТУ, гр. ТЕ-19мз					

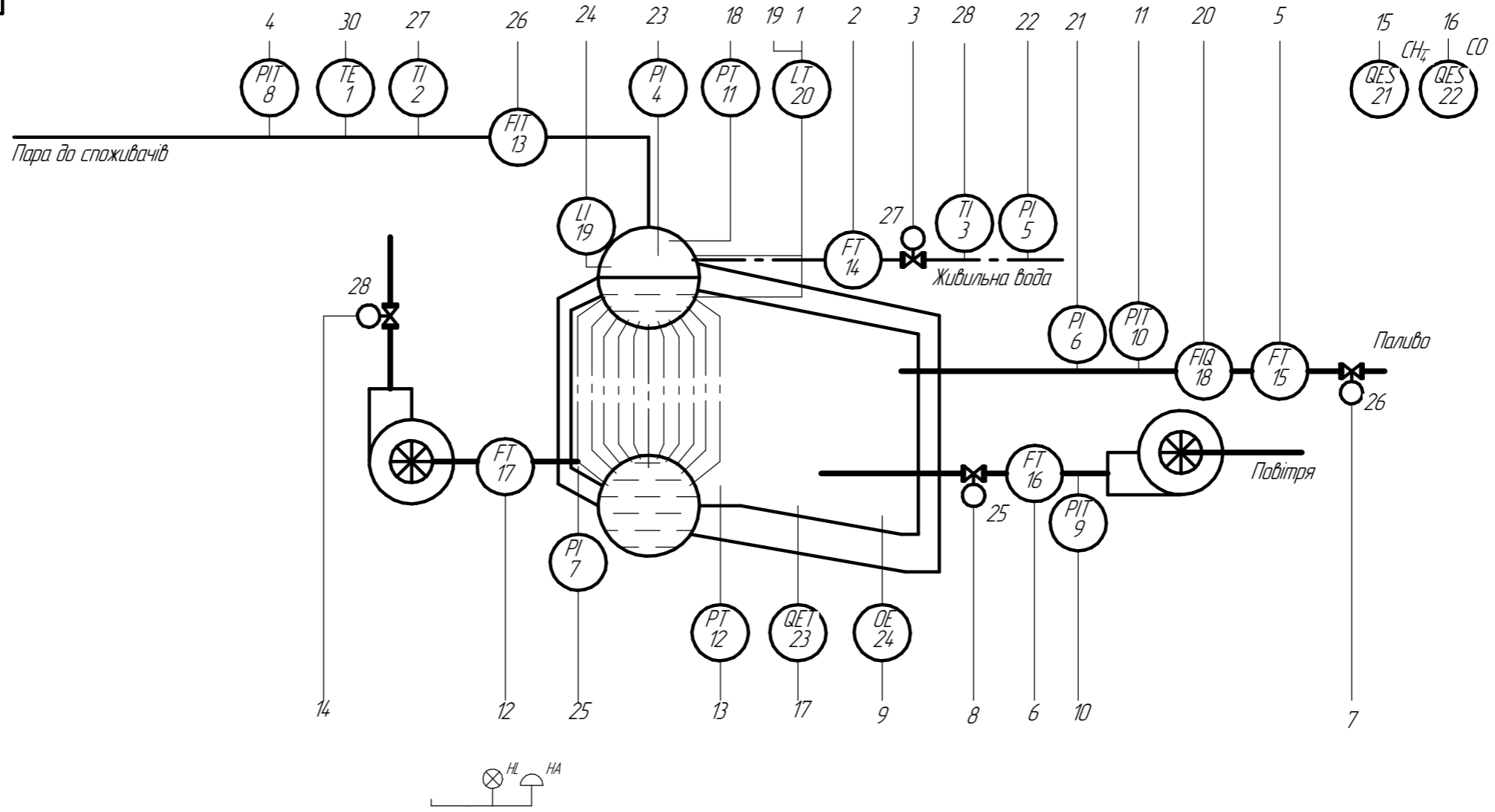
Соплосовано

Взам. інв. №

Попл. и дата

Инв. № подл.

08-11.MKP.002.05.000.00 A2



По місцю	1 Рівень води	2 Витрата води	3 Регулювання рівня	4 Тиск пари	5 Витрата газу	6 Витрата повітря	7 Регулювання газу	8 Регулювання повітря	9 Контроль горіння	10 Тиск повітря	11 Тиск газу	12 Витрати дим. газів	13 Розрідження в топці	14 Регулювання розр.	15 CH ₄	16 CO	17 Газоаналізатор	18 Тиск пари	19 Рівень води	20 Температура пари	21 FIQ 32	22 PI 33	23 PI 33	24 PI 37	25 PI 37	26 LI 36	27 FI 41	28 TI 35	TI 40	
На щиті	CAУ-M7E 29	HL	HA	Bailey Tun 2044 30	Bailey 2044 31	HL	HA	Danfoss AFPQ4 32	HL	HA	CAУ-M7E 33	HL	HA	FR 41																
АРМ чергового																														

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дроб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коваль Д. М.		
Пров.		Ткаченко С. И.		
Т.контр.		Ткаченко С. И.		
Рецензент		Дудар І. Н.		
Н.контр.		Слівак О. Ю.		
Утв.		Ткаченко С. И.		

08-11.MKP.002.05.000.00 A2

Функціональна схема автоматизації парового котла Е-1/9

Лист	Масса	Масштаб
1		1:1
Лист 1	Листов 2	

ВНТУ, зр. ТЕ-19мз

Копировал
Формат А3

		Поз. обозна- чення	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.		1	Термопара	1	
		2-3	Рідинний термометр	2	
		4-6	Манометр пружинний	3	
		7	Вакууметр показуючий	1	
		8-10	Манометр з електронним перетворювачем	3	
Справ. №		11-12	Перетворювач тиску електронний	2	
		13	Витратомір показуючий з перетворювачем сигналу	1	
		14-17	Витратомір перетворюючий	4	
		18	Лічильник витрати газу	1	
		19	Водомірне скло	1	
		20	Перетворювач рівня води в барабані	1	
		21	Газоаналізатор CH ₄	1	
		22	Газоаналізатор CO	1	
		23	Газоаналізатор CO ₂	1	
		24	Датчик контролю горіння	1	
		25-28	Виконавчий механізм регулюючого клапану	4	
		29	Регулятор рівня води в барабані	1	
	Подп. и дата		30	Регулятор тиску пари	1
		31	Регулятор економічності	1	
		32	Регулятор розрідження	1	
		33	Регулятор-сигналізатор котла	1	
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подп. и дата					
Инв. № подл.	08-11.МКР.002.05.000.00 A2				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разрад.		Коваль Д. М.		
	Пров.		Ткаченко С. И.		
	Рецензент		Дудар І.Н.		
Н.контр.		Слівак О. Ю.			
Утв.		Ткаченко С. И.			
Функціональна схема автоматизації парового котла Е-1/9			Лит.	Лист	Листов
				2	2
			ВНТУ, гр. ТЕ-19мз		