

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

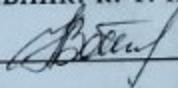
на тему:

«Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик»
з використанням технології отримання біогазу»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-22 м
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

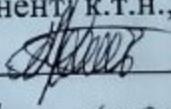

_____ Щуришин Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ


_____ Резидент Н.В.
(прізвище та ініціали)

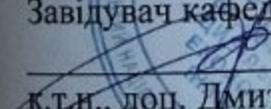
«12» _____ грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. БМГА


_____ Христин О.В.
(прізвище та ініціали)

«12» _____ грудня 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ


_____ к.т.н., доц. Дмитро СТЕПАНОВ
(прізвище та ініціали)

« » _____ 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Щуришину Дмитру Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик»
з використанням технології отримання біогазу

керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 247

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2023

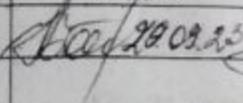
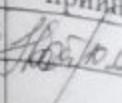
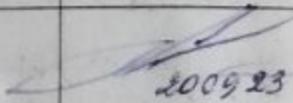
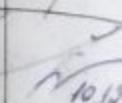
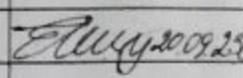
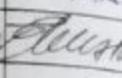
3. Вхідні дані до роботи: теплова потужність системи опалення – 2 МВт;
теплова потужність системи гарячого водопостачання – 0,8 МВт;
потужність повітропідігрівників 11 кВт;
поголів'я свиней на тваринницькому комплексі – 2000,
паливо – природний газ, біомаса, інші види палива.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) біогазові
технології як альтернатива природному газу для тваринницьких комплексів;
аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива;
дослідження інтенсивності тепловіддачі до органічних відходів тваринницт-
ва; організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень;
економічна частина.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

план котельні після модернізації на відм. 0.000;
складальне креслення теплообмінника-утилізатора;
монтажна схема теплообмінника-утилізатора;
календарний план виконання монтажних робіт;
графічні залежності отримані за результатами досліджень.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3, 4.1	Резидент Н. В., к.т.н, доц. кафедри ТЕ	 20.09.23	 20.09.23
4.2	Кобилянська І.М. к.п.н., доц. кафедри БЖДПБ	 20.09.23	 20.10.23
5	Лялюк О.Г., к.т.н, доц. кафедри БМГА	 20.09.23	 20.09.23

7. Дата видачі завдання 20.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

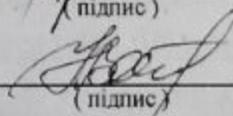
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Біогазові технології як альтернатива природному газу для тваринницьких комплексів	22.09.23...08.10.23	вик.
2	Аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива	09.10.23...15.10.23	вик.
3	Дослідження інтенсивності тепловіддачі до органічних відходів тваринництва	16.10.23...01.11.23	вик.
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	02.11.23...18.11.23	вик.
5	Економічна частина	19.11.23...25.11.23	вик.
7	Оформлення МКР	26.11.23...02.12.23	вик.
8	Попередній захист МКР	03.12.23...12.12.23	вик.
9	Захист МКР	13.12.23...24.12.23	вик.

Студент


(підпис)

Щуришин Д.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Резидент Н. В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Щуришин Д.Р. Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик» з використанням технології отримання біогазу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 100 с.

Бібліогр.: 75 назв; рис.: 7; табл. 23.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблені технічні рішення щодо переведення водогрійної котельні з природного газу на відновлювані види палива та зменшення техногенного навантаження біогазової установки на навколишнє середовище протягом її життєвого циклу. В першому розділі проаналізовано актуальність впровадження біогазових технологій для тваринницьких комплексів, показано, що на ефективність їх роботи впливає температурний режим, а досліджень щодо інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних органічних сумішах недостатньо для інженерних розрахунків. В другому розділі виконані розрахунки теплової схеми котельні, обґрунтовано вид палива для котлів, підібране основне обладнання біогазової установки. В третьому розділі з використанням експериментально-розрахункового методу визначено площу поверхні спірального теплообмінника-утилізатора теплоти зброженого субстрату. У технологічній частині розроблено технологію монтажу утилізатора теплоти відхідних газів котлів, план, схеми прокладання газопроводів і календарний план виконання робіт, розроблені рекомендації щодо поліпшення умов праці. Ілюстративна частина роботи містить 6 аркушів формату А3.

Ключові слова: відновлювані види палива, біогаз, інтенсивність теплообміну, експериментально-розрахунковий метод, спіральний теплообмінник.

ABSTRACT

Shchuryshyn D.R. Power supply LLC «Servolyuks-Genetic» from using biogas production technology. Master's qualification work on specialty 144 – Thermal power engineering, educational program – Thermal power engineering. Vinnytsia: VSTU, 2023. 100 p.

Bibliography: 75 titles; Fig.: 7; table 23.

In the master's qualification work, technical solutions were developed for the conversion of a water heating boiler plant from natural gas to renewable types of fuel and the reduction of the man-made load of the biogas plant on the environment during its life cycle. In the first chapter, the relevance of introducing biogas technologies for animal husbandry complexes is analyzed, it is shown that the efficiency of their work is affected by the temperature regime, and research on the intensity of heat exchange in multicomponent organic mixtures is not enough for engineering calculations. In the second section, the calculations of the thermal scheme of the boiler house are performed, the type of fuel for the boilers is substantiated, and the main equipment of the biogas plant is selected. In the third section, using the experimental and calculation method, the surface area of the spiral heat exchanger-utilizer of the heat of the fermented substrate is determined. In the technological part, the installation technology of the waste gas heat utilizer of boilers, the plan, gas pipeline laying schemes and the calendar plan for the execution of works were developed, recommendations were developed for improving working conditions. The illustrative part of the work contains 6 sheets of A3 format.

Key words: renewable fuels, biogas, intensity heat exchange, experimental and calculation method, spiral heat exchanger.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНОМУ ГАЗУ ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ	6
1.1 Актуальність впровадження біогазових технологій для тваринницьких комплексів.....	6
1.2 Теплообмінне обладнання систем анаеробного зброджування органічних відходів.....	9
1.3 Визначальні параметри процесу біоконверсії.....	11
1.4 Методи визначення інтенсивності теплообміну в анаеробних системах переробки органічних відходів.....	12
1.5 Висновки до розділу	14
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА	15
2.1 Загальна характеристика водогрійної котельні	15
2.2 Розрахунки теплової схеми котельні	16
2.3 Техніко-економічні показники роботи водогрійної котельні на різних видах палива.....	27
2.4 Підбір основного обладнання біогазової установки	34
2.5 Висновки до розділу	38
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОВІДАЧІ ДО ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА	40
3.1 Експериментальна установка.....	40
3.2 Методика проведення дослідів. Результати експериментів	41
3.3 Розрахункова частина експериментально-розрахункового методу.....	44
3.4 Конструктивний розрахунок спірального теплообмінника	46
3.5 Висновки до розділу	52
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	53
4.1 Технологія монтажу системи утилізації теплоти відхідних газів водогрійних котлів	53
4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	69
4.3 Висновки до розділу	84

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	86
5.1 Локальний кошторис	86
5.2 Загальні витрати інноваційного проекту та термін окупності	87
5.3 Висновки до розділу	90
ВИСНОВКИ	91
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	93
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки МКР.....	101
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання.....	102
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	105

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво тваринницької продукції здійснюється на тваринницьких фермах або комплексах і супроводжується значною кількістю органічних відходів, які спричиняють непоправну шкоду довкіллю. Органічні відходи тваринництва мають енергетичний потенціал і можуть бути використані для виробництва біогазу та біометану, що дозволить підвищити енергонезалежність тваринницького комплексу. Застосування біогазових технологій дає можливість замкнути цикл безвідходного виробництва. Підвищення ефективності роботи біогазових установок потребує розвитку методів визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах, що зумовлює актуальність роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами. Робота виконана відповідно до науково-дослідної роботи кафедри теплоенергетики ВНТУ.

Мета роботи – зменшити техногенне навантаження на довкілля систем біоконовесії і підвищити ефективність їх роботи шляхом дослідження інтенсивності тепловіддачі до органічних відходів тваринництва з використанням експериментально-розрахункового методу.

Завдання роботи:

- проаналізувати інформацію щодо впровадження біогазових технологій на тваринницьких комплексах;
- виконати розрахунки теплової схеми водогрійної котельні на природному газі, біогазі та інших видах палива, визначити економічні показники;
- застосувати експериментально-розрахунковий метод для конструктивного розрахунку теплообмінного обладнання системи біоконверсії;
- визначити економічну ефективність впровадження біогазової установки для тваринницького комплексу;
- розробити заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Теплообмінні процеси в органічних відходах тваринництва.

Предмет дослідження. Методи визначення інтенсивності тепловіддачі в теплообмінному обладнанні системи переробки органічних відходів тваринництва.

Новизна одержаних результатів. Набули подальшого розвитку уявлення про закономірності теплообміну в багатокомпонентних органічних сумішах.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції: «Енергоефективність в галузях економіки України», 2023 та науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ, 2023.

Публікація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи опубліковані в матеріалах конференцій [1, 2].

1 БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНОМУ ГАЗУ ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

1.1 Актуальність впровадження біогазових технологій для тваринницьких комплексів

Органічні відходи і біомаса є ефективним відновлюваним джерелом енергії. Ресурси біомаси і органічних відходів різних видів є майже у всіх регіонах України, і майже в кожному з них може бути налагоджена їх переробка в енергію і паливо [3].

Моніторинговий аналіз галузі свиначства України засвідчує, що загальний річний вихід органічних відходів тваринництва станом на 2014 рік перевищує 18 млн. т, а з урахуванням підстилкових матеріалів і води в гідравлічних системах видалення обсяги органічних відходів тваринництва сягають 22 млн. т на рік.

Головна проблема свиначства – відходи життєдіяльності цих тварин. У більшості господарств використовують безпідстилковий метод утримання свиней, тобто гній збирається у резервуар на території ферми та відводиться на поля після витримування впродовж заданого часу. Безпідстилковий гній належить до категорії нестабільних органічних забруднювачів і за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я є чинником передачі більше 100 видів різних збудників хвороб тварин і людей [4]. Відходи свиноферм як добрива використовувати не можна – в них знаходиться до 400 небезпечних субстанцій, включаючи важкі метали, антибіотики, гормони, пестициди, а також гребінчастих хробаків, хвороботворні віруси й мікроби. Водночас у відходах тваринництва знаходяться усі життєво важливі елементи живлення рослин, у тому числі мікроелементи, оскільки він утворюється з рослинних залишків, у яких усі ці елементи в тій або іншій кількості утримуються. На цій підставі їх прийнято вважати повноцінним добривом. Перед тим, як вивезти відходи

тваринництва на поля, необхідно тривалий час витримувати, щоб знешкодити патогенну мікрофлору, яйця гельмінтів і насіння бур'янів [5].

Відходи тваринництва утилізують хімічними, фізичними та біологічними методами. З точки зору екологічності та раціонального використання ресурсів найбільш ефективним є біологічні методи, серед яких виділяють аеробні та анаеробні [6-8].

Один з традиційних способів «переробки» гною – звичайне його накопичення й зберігання, але проблема полягає у відсутності відповідних сховищ і спеціалізованих майданчиків. Як результат, діяльність свинарських підприємств значно впливає на довкілля. Це в першу чергу пов'язано з вивільненням парникових – вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4), закису азоту (N_2O) – та шкідливих газів: аміаку (NH_3), окислів азоту, сірководню (H_2S) тощо. До прикладу, тільки в результаті роботи системи вентилявання на свинокомплексі, що нараховує 12 тис. свиней, упродовж години в атмосферу викидається близько 6,05 кг пилу, до 14,4 кг аміаку, 83,4 млрд. мікробних тіл [9].

Скорочення викидів можливе за рахунок впровадження нових технологічних рішень та екологічно безпечного поводження зі свинарськими відходами. Такі рішення потребують значних капіталовкладень, але є багато факторів, які доводять резонність переробки гною свиней:

- максимальне повернення поживних речовин з гною в ґрунти;
- скорочення витрат на зберігання й утилізацію гною;
- вироблення екологічно безпечних і ринково-придатних органічних добрив;
- мінімізація негативних екологічних впливів і наслідків (запобігання виділенню шкідливих газів, зниження запахів, інактивація патогенної мікрофлори та проростання насіння бур'янів);
- отримання додаткового енергетичного ресурсу – біогазу.

Енергозбережні системи утилізації органічних відходів призначені для комплексної переробки рідких та твердих органічних відходів різного похо-

дження і отримання теплової і електричної енергії. Застосування енергозбережних систем утилізації органічних відходів дозволяє суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища [10].

Отримання біогазу економічно виправдано і є переважним при переробці постійного потоку відходів. Економічність полягає в тому, що немає потреби в попередньому зборі відходів, в організації і управлінні їх подачею. Біогазові установки можуть встановлюватися як очисні споруди на фермах, птахофабриках, цукрових заводах, м'ясокомбінатах. В цьому випадку, користувачі біогазової установки одержують теплоту і електроенергію, одночасно утилізувавши відходи [11].

Сучасні технології, за можливості, повинні бути пов'язані між собою таким чином, щоб кінцевий цикл одного з них ставав початком другого циклу. Таким виробництвом є біогазові технології, які сприяють сталому розвитку суспільства [12].

Одним з найдоцільніших способів переробки органічних відходів залишається анаеробне зброджування з виробленням біогазу, яке дає енергетичний, екологічний і соціальний ефекти [13]. В умовах України виробництво біогазу є доцільним відносно дешевим [14]. Можливі джерела біогазу: відходи тваринницьких ферм, стічні води, органіка на сміттєвих полігонах, відходи рибних і забійних цехів, трава, відходи виробництва біодизелю – технічний гліцерин, відходи виробництва соків – гніт фруктовий, ягідний, виноградна вижимка, водорості, відходи виробництва крохмалю, патоки – мезга та сироп, відходи переробки картоплі, побутові відходи тощо [15]. Біогаз можна використовувати в процесах для отримання теплової і електричної енергії [16]. Загальний потенціал України оцінюється в 52 млрд м³ біогазу на рік [17]. Біогаз має наступні переваги: 1) це вуглецево-нейтральне паливо; 2) побічним продуктом виробництва біогазу є високоякісні добрива; 3) є можливість працювати на існуючому газовому обладнанні без кардинальних змін конструкції; 4) зменшується вихід парникових газів, які утворюються внаслідок розкла-

дання біомаси. Недоліки біогазу, як палива: 1) менша теплота згорання палива у порівнянні з природним газом; 2) збільшення власних потреб тягодуттєвого обладнання; 3) великі капіталовкладення в біогазову установку. Зважаючи на переваги і недоліки біогазових технологій, актуальність їх вдосконалення та широке впровадження для енергетики України є очевидною.

1.2 Теплообмінне обладнання систем анаеробного зброджування органічних відходів

Розвиток біогазових установок йде у двох напрямках: 1) раціональне спрощення і відповідно здешевлення установок. В такому випадку головною метою порівняно є підвищення екологічної безпеки довкілля та отримання високоефективних органічних добрив, а отримання біогазу не пріоритетним; 2) будівництво сучасних високопродуктивних біогазових установок на основі удосконалених конструкцій біореакторів, сучасних засобів автоматизації для ведення технологічного процесу, високоефективного теплоенергетичного, електротехнічного і технологічного обладнання.

В системах анаеробного зброджування органічних відходів може використовуватися теплообмінне обладнання, гідравлічний опір якого невеликий. Таке обладнання вимагає матеріалів, що стійкі проти дії корозії. Важливим фактором при використанні того чи іншого типу конструкції теплообмінника є відсутність «застійних» зон, які можуть з'являтися через особливості теплоносіїв (висока в'язкість, неоднорідність, наявність твердих включень різного розміру) [18].

Досить поширеним та простим видом теплообмінника, який використовується в системах анаеробного зброджування, є теплообмінник «труба в трубі». Він має просту конструкцію та простий у виготовленні. Недоліком таких теплообмінників є наявність застійних зон та складність чистки, оскільки, найчастіше вони мають нерозбірну конструкцію. Також істотним недоліком теплообмінних апаратів типу «труба в трубі» є великі габарити, що усклад-

нює їх розташування у приміщеннях та підключення до суміжного обладнання [19].

Ефективними є пластинчасті теплообмінники. Перевагою пластин час тих теплообмінників є виняткова компактність, через що вони набули дуже широкого застосування у різних галузях. Недоліком пластинчастих теплообмінників є необхідність їх регулярної чистки та слідкування за якістю та «чистотою» теплоносіїв [20].

Поширеним типом теплообмінників, що використовуються для в'язких рідин у хімічній та нафтовій промисловості та середовищами, які мають тверді включення, є спіральні теплообмінники [21, 22]. Насамперед, вони незамінні на підприємствах, технологічні процеси яких вимагають високоефективного теплообміну. При цьому, вони можуть працювати як із зустрічними потоками «гази-гази» і «гази-рідина», так і з рідинами, що мають у своєму складі біля 20% твердих включень (брага, оцукрене сусло), тобто з неоднорідними рідкими середовищами, що схильні утворювати відкладення на поверхнях теплообміну. Спіральні теплообмінники володіють рядом істотних переваг, включаючи: ефект самоочищення; компактність; можливість експлуатації при різних значеннях тиску і температури; економічність обслуговування, яка досягається завдяки властивостям самоочищення (в процесі експлуатації спіральний теплообмінник не забруднюється навіть при роботі з доволі забрудненими речовинами) [22].

Недоліками спіральних теплообмінників є складність їх виготовлення. Нормальний режим роботи реалізується лише при малих надлишкових тисках, що не перевищують 10 атм, так як намотка спіралей ускладнюється зі збільшенням товщини листів, крім того виникають складнощі при створенні щільного з'єднання між спіралями і кришками [21].

1.3 Визначальні параметри процесу біоконверсії

Значний вплив на процес анаеробного зброджування здійснюють такі чинники: відсутність доступу кисню, температура сировини в біореакторі, кислотність середовища, співвідношення вуглецю і азоту в зброджуваній сировині [23, 24]. Часто для досягнення оптимального співвідношення C/N змішують різні відходи, отримуючи при цьому високий вихід біогазу. Під час проведення процесів коферментації можна підвищити вміст метану в біогазі до 70%, а вихід біогазу у 2 рази [25].

В разі дотримання раціональних режимних параметрів процесу анаеробного зброджування вихід біогазу для органічних відходів, $\text{нм}^3/\text{т}$: пташиний послід клітинний (65% вологість) – 150; гній ВРХ, підстилковий (14...17% СР) – 42...50; гній свиней (4...5% СР) – 13...17; курячий послід підстилковий (60% СР) – 150...160; буряковий жом (6...9% СР) – 34...50; гній ВРХ, змивна система (5...6% СР) – 15...18; м'яса з цукрових заводів (76...80% СР) – 390...400 [26].

Метаноутворювальні бактерії досить чутливі до перепаду температур. Активність метаноутворювальних бактерій майже припиняється, якщо температура знижується до $+16,5^\circ\text{C}$. Метанове зброджування здійснюється в таких режимах: психрофільний $12...20^\circ\text{C}$; мезофільний $32...35^\circ\text{C}$; термотолерантний $39...42^\circ\text{C}$; термофільний $52...54^\circ\text{C}$ [27]. Процес анаеробного зброджування в сучасних біогазових установках через підтримання відповідних температурних режимів супроводжується значною витратою енергії на власні потреби.

Для підтримання температурного режиму в більшості випадків в біогазових установках використовуються трубчасті виносні або вбудовані теплообмінники, в яких гарячим теплоносієм є гаряча вода з температурою менше 60°C [23]. Теплообмінні пристрої мають порівняно велику поверхню теплообміну з двох причин: 1) низькі температурні напори – $1...3^\circ\text{C}$ під час ведення

технологічного процесу; 2) теплообмін з боку зовнішньої стінки труби характеризується невисокою інтенсивністю [28, 29].

1.4 Методи визначення інтенсивності теплообміну в анаеробних системах переробки органічних відходів

Значною мірою ефективність біотехнологічного процесу визначається тепловими і гідродинамічними процесами, що здійснюються на різних стадіях переробки органічних відходів [18, 29]. Розрахунки теплообмінників для нагрівання органічних відходів в системах анаеробного зброджування та утилізації теплоти збродженої сировини в схемі потребують нових методів визначення інтенсивності теплообміну. Застосування класичних методів визначення інтенсивності теплообміну наштовхується на труднощі через різноманіття органічних сумішей теплофізичні властивості яких змінюються за часом.

Рекомендації для визначення теплофізичних властивостей органічних сумішей і розрахунку інтенсивності теплообміну в цих сумішах показані в [30].

Дослідження закономірностей та механізмів теплообміну за умови вільної конвекції у великому об'ємі та вимушеної конвекції в трубах, кільцевих каналах для умов, які відповідають умовам біоконверсії, одиничні. Проведення таких експериментів на органічних сумішах вимагає створення особливих умов, спеціалізованого обладнання та приміщень. Тому в роботах [31-33] запропоновано новий метод визначення інтенсивності теплообміну в органічних середовищах. Розроблений авторами [31-33] метод розширює уявлення про межі та методи застосування теорії подібності, відомих критеріальних залежностей, розширює можливості проектування енергоефективного обладнання біогазових установок.

Для визначення інтенсивності теплообміну багатокомпонентної органічної суміші використовується метод, що базується на використанні теорії по-

дібності. Суть методу полягає у вимірюванні температури теплоносіїв, при чому вимірюють масу грійного теплоносія та суміші, а температуру грійного теплоносія та суміші вимірюють через проміжки часу і визначають експериментальний коефіцієнт конвективної тепловіддачі в базовому режимі теплообміну при температурі суміші, яка відповідає шуканим режимам [30–32].

Відомими є методи визначення коефіцієнта тепловіддачі, який полягає у вимірюванні швидкості і температури теплоносія, температури поверхні, перепаду тиску за рахунок опору теплообмінної поверхні [34]. Недоліком відомого способу є висока трудомісткість виконання і обробки дослідів за рахунок необхідності визначення в окремому досліді кожного теплофізичного параметра з достатньою точністю. Експериментальні дослідження інтенсивності теплообміну в органічних сумішах систем анаеробного зброджування обмежені.

Виконаний аналітичний огляд джерел інформації обумовлює мету і завдання роботи. *Мета роботи* – зменшити техногенне навантаження на довкілля систем біоковерсії і підвищити ефективність їх роботи шляхом дослідження інтенсивності тепловіддачі до органічних відходів тваринництва з використанням експериментально-розрахункового методу.

Завдання роботи:

- проаналізувати інформацію щодо впровадження біогазових технологій на тваринницьких комплексах;
- виконати розрахунки теплової схеми водогрійної котельні на природному газі, біогазі та інших видах палива, визначити економічні показники;
- застосувати експериментально-розрахунковий метод для конструктивного розрахунку теплообмінного обладнання системи біоконверсії;
- визначити економічну ефективність впровадження біогазової установки для тваринницького комплексу;
- розробити заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

1.5 Висновки до розділу

Під час функціонування ферм та тваринницьких комплексів утворюється значна кількість органічних відходів тваринництва. Органічні відходи тваринництва вивозяться на поля для поліпшення структури ґрунту та живлення рослин, але в непереробленому стані такі відходи спричиняють неоправдану шкоду довкіллю. Органічні відходи тваринництва мають енергетичний потенціал і можуть бути використані для виробництва біогазу та біометану з подальшим отриманням енергоносіїв для ферми або комплексу. Ефективність роботи біогазових установок суттєво залежить від ефективності роботи теплообмінного обладнання. Для вдосконалення теплообмінного обладнання біогазових установок доцільно розробляти нові методи визначення інтенсивності теплообміну в багатоконпонентних органічних відходах.

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

2.1 Загальна характеристика водогрійної котельні

ТОВ «Серволюкс-Генетик» займається селекцією племінних свиней, що супроводжується великою кількістю відходів життєдіяльності тварин. Біомаса складається у ємності, що знаходяться на відкритому повітрі та забруднюють навколишнє середовище виділенням газів, можливим забрудненням поверхневих вод та розповсюдженням різних хвороб.

Один із тваринницьких комплексів ТОВ «Серволюкс-Генетик» з поголів'ям 2000 знаходиться у Оратівському районі Вінницької області, с. Рожична. Для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання комплексу побудована котельня, загальна потужність якої – 3 МВт. Котельня оснащена двома котлами ВК-22 потужністю 3,15 МВт кожен. Один котел працює постійно, а інший – резервний. Система тепlopостачання – відкрита. Допоміжне обладнання котельні: циркуляційні насоси для внутрішнього контуру котельні та для зовнішніх контурів системи ГВП та опалення. Зовнішні контури системи опалення та гарячого водопостачання підігріваються водою з внутрішнього контуру котельні через мережні підігрівники – пластинчасті теплообмінники. Температурний графік системи опалення 90/70°C.

У котельній залі встановлені підігрівники повітря, які живляться гарячою водою на виході з котла, що дає змогу створити придатні умови для роботи персоналу котельні. Особливістю котельні є наявність у ній циркуляційного контуру системи гарячого водопостачання, який призначений для зменшення витрати охолодної води із системи, у випадку, коли тривалий час не використовується нагріта вода. Це здійснюється за допомогою автоматики у контурі системи гарячого водопостачання, а саме циркуляційним клапаном із вбудованим датчиком температури. Циркуляційний клапан відкривається при охолодженні води у системі до 35°C і охолоджена до цієї межі вода пос-

тупає на мережний підігрівник у котельні, де нагрівається до заданої температури 55 °С. Втрати води у зовнішньому контурі системи ГВП та системи опалення, які становлять 83 % та 1,97 % покриваються з системи хімічної водопідготовки.

Існуюча водогрійна котельня ТОВ «Серволюкс Генетик» працює на природному газі, який має наступні переваги:

- повна автоматизація котельного обладнання;
- вже прокладена система газопроводів;
- відсутність золи;
- порівняно висока теплота згорання палива;
- відсутність необхідності зберігання палива.

Водночас у цього виду палива є суттєві недоліки:

- це викопне і невідновлюване паливо.
- суттєві коливання ціни на природний газ на ринку палива;
- висока вартість підключення до газотранспортної мережі;
- значні викиди CO₂ під час спалювання.

Принципова теплова схема котельні показана на рис 2.1, а показники її роботи на природному газі в опалювальний, середньоопалювальний та міжопалювальний періоди показані в табл. 2.1. Розрахунки виконані за методикою [35].

2.2 Розрахунки теплової схеми котельні

Початкові дані:

- необхідна теплова потужність для потреб опалення $Q_{оп} = 2,0$ МВт;
- необхідна теплова потужність для потреб ГВП $Q_{ГВП} = 0,8$ МВт;
- необхідна потужність підігрівника повітря в котельні залі $Q_{опкз} = 11$ кВт;
- коефіцієнт корисної дії котла $\eta_k = 0,92$;
- температура прямої мережної води системи опалення у внутрішньому контурі $t_{пр}^{оп} = 105^\circ\text{C}$;

- температура зворотної мережної води системи опалення у внутрішньому контурі для попередження випадіння конденсату на поверхнях теплообміну попередньо приймаємо $t_{зв}^{оп}=85^{\circ}\text{C}$;

- температура додаткової води $t_{дв} = 5^{\circ}\text{C}$;

- температура прямої води системи ГВП у внутрішньому контурі $t_{пр}^{ГВП}=105^{\circ}\text{C}$;

- температура зворотної мережної води системи ГВП у внутрішньому контурі для попередження випадіння конденсату на поверхнях теплообміну попередньо приймаємо $t_{зв}^{ГВП}=85^{\circ}\text{C}$, з подальшою перевіркою;

- втрати води у внутрішньому контурі котельні $\alpha = 0,5\%$;

- паливо – природний газ $Q_{н}^p=35,482 \text{ МДж/м}^3$.

2.2.1 Розрахунок внутрішнього контуру котельні

Витрата води на мережний теплообмінник системи ГВП

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВП}}{C_{в} \cdot (t_{пр}^{ГВП} - t_{зв}^{ГВП}) \cdot \eta_{то}} ; \quad (2.1)$$

$$G_{ГВП} = \frac{0,8 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (105 - 85) \cdot 0,98} = 9,74 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на мережний теплообмінник системи опалення

$$G_{оп} = \frac{Q_{оп}}{C_{в} \cdot (t_{пр}^{оп} - t_{зв}^{оп}) \cdot \eta_{то}} ; \quad (2.2)$$

$$G_{оп} = \frac{2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (105 - 85) \cdot 0,98} = 24,35 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на мережні теплообмінники у внутрішньому контурі котельні

$$G_{тм} = G_{ГВП} + G_{оп} ; \quad (2.3)$$

$$G_{тм} = 9,74 + 24,35 = 34,09 \text{ (кг/с)}.$$

Втрати води з внутрішнього контуру котельні (власні потреби)

$$G_{\text{втр}} = G_{\text{тм}} \cdot \alpha ; \quad (2.4)$$

$$G_{\text{втр}} = 34,09 \cdot 0,005 = 0,17 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води, після відбору на власні потреби

$$G_{\text{зв}} = G_{\text{тм}} - G_{\text{втр}} ; \quad (2.5)$$

$$G_{\text{зв}} = 34,09 - 0,17 = 33,92 \text{ (кг/с)}.$$

Для підігріву повітря у котельній залі обираємо $n=2$ тепловентилятори типу Flowair LEO FB 15, потужністю $Q_{\text{опкз}} = 11,1$ кВт кожен, максимальна витрата води через який складає $V_{\text{опкз}} = 0,489$ м³/год [36]. Підігрівники підключені паралельно.

Перше наближення.

Масова витрата води на тепловентилятори

$$G'_{\text{опкз}} = \frac{V_{\text{опкз}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{3600} \cdot n , \quad (2.6)$$

де $\rho_{\text{пр}} = 954,7$ кг/м³ – густина води при температурі води на вході в тепловентилятор $t''_{\text{пр}} = 105^\circ\text{C}$ [37];

$$G'_{\text{опкз}} = \frac{0,489 \cdot 954,7}{3600} \cdot 2 = 0,258 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на виході з тепловентилятора

$$t_{\text{вих}} = t''_{\text{пр}} - \frac{Q_{\text{опкз}}}{C_{\text{в}} \cdot G'_{\text{опкз}}} , \quad (2.7)$$

де $C_{\text{в}} = 4,19$ кДж/(кг·К) – теплоємність води;

$$t_{\text{вих}} = 105 - \frac{11,1}{4,19 \cdot 0,258} = 94,73 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Оскільки, густина води при визначенні масової витрати води через тепло-вентилятори приймалася за температурою води на вході, то необхідно пере-рахувати масову витрату з густиною води при середній температурі.

Друге наближення.

Середня температура води у тепловентиляторах

$$\bar{t}_B = \frac{t''_{\text{пр}} + t_{\text{вих}}}{2} ; \quad (2.8)$$

$$\bar{t}_B = \frac{105 + 94,73}{2} = 99,86 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Густина води при середній температурі $\bar{\rho}_B = 958,49 \text{ кг/м}^3$ [37].

Тоді, масова витрата води через тепловентилятори

$$G_{\text{опкз}} = \frac{V_{\text{опкз}} \cdot \bar{\rho}_B}{3600} \cdot n ; \quad (2.9)$$

$$G_{\text{опкз}} = \frac{0,489 \cdot 958,49}{3600} \cdot 2 = 0,26 \text{ (кг/с)}.$$

Перевіримо температуру води на виході з тепловентиляторів

$$t' = t''_{\text{пр}} - \frac{Q_{\text{опкз}}}{C_B \cdot G_{\text{опкз}}} ; \quad (2.10)$$

$$t' = 105 - \frac{11,1}{4,19 \cdot 0,26} = 94,81 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Оскільки, температура води на виході з тепловентиляторів у другому на-ближенні не суттєво відрізняється від отриманої у першому наближенні, пе-рерахунок масової витрати води через тепловентилятори не проводимо.

Витрата води через циркуляційний насос

$$G_{\text{цн}} = G_{\text{зв}} + G_{\text{опкз}} + G_{\text{дв}} , \quad (2.11)$$

де $G_{дв} = G_{втр} = 0,17$ (кг/с) – витрата додаткової води;

$$G_{цн} = 33,92 + 0,26 + 0,17 = 34,35 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на циркуляційному насосі

$$t_{цн} = \frac{G_{зв} \cdot t'_{зв} + G_{опкз} \cdot t' + G_{дв} \cdot t_{дв}}{G_{цн}} ; \quad (2.12)$$

$$t_{цн} = \frac{33,92 \cdot 85 + 0,26 \cdot 94,81 + 0,17 \cdot 5}{34,35} = 84,68 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_k = G_k \cdot C_v \cdot (t''_k - t_{цн}), \quad (2.13)$$

де $G_k = G_{цн} = 34,35$ (кг/с) – витрата води через котел;

$$Q_k = 34,35 \cdot 4,19 \cdot (105 - 84,68) = 2925 \text{ (кВт)} = 2,92 \text{ (МВт)}.$$

Витрата робочого палива

$$B_p = \frac{Q_k}{\eta_k \cdot Q_H^p} ; \quad (2.14)$$

$$B_p = \frac{2925}{0,937 \cdot 35482} = 0,088 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_k}{\eta_k \cdot Q_{Hy}^p} ; \quad (2.15)$$

$$B_y = \frac{2925}{0,937 \cdot 29300} = 0,106 \text{ (кг/с)}.$$

ККД котельні по відпуску теплоти

$$\eta_{\text{відп.}} = \frac{Q_{\text{ГВП}} + Q_{\text{ОП}}}{B_{\text{у}} \cdot Q_{\text{НУ}}^{\text{р}}} ; \quad (2.16)$$

$$\eta_{\text{відп.}} = \frac{0,8 + 2}{0,106 \cdot 29,3} = 0,901.$$

ККД по виробництву теплоти

$$\eta_{\text{вир.}} = \frac{(G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{к}}'' - G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{ЦН}}) \cdot C_{\text{в}}}{B_{\text{у}} \cdot Q_{\text{НУ}}^{\text{р}}} ; \quad (2.17)$$

$$\eta_{\text{вир.}} = \frac{(33,92 \cdot 105 - 33,92 \cdot 84,68) \cdot 4,19}{0,106 \cdot 29300} = 0,93.$$

2.2.2 Розрахунок зовнішнього контуру котельні

Початкові дані

- температура води на виході з теплообмінника у зовнішньому контурі системи ГВП $t_{\text{пр.зк.}}^{\text{ГВП}} = 55^{\circ}\text{C}$;

- температура зворотної води зовнішнього контуру системи ГВП $t_{\text{зв.зк.}}^{\text{ГВП}} = 35^{\circ}\text{C}$;

- температура води на виході з теплообмінника у зовнішньому контурі системи опалення $t_{\text{пр.зк.}}^{\text{ОП}} = 90^{\circ}\text{C}$;

- температура зворотної води зовнішнього контуру системи опалення $t_{\text{зв.зк.}}^{\text{ОП}} = 70^{\circ}\text{C}$;

- втрати води у зовнішньому контурі системи ГВП $\alpha_{\text{зк.ГВП}} = 83\%$;

- втрати води у зовнішньому контурі системи опалення $\alpha_{\text{зк.ОП}} = 2\%$;

Температура води після підживлення зовнішнього контуру системи ГВП водою з ХВО

$$t_{зк.гвп}^{зв.гвп} = \frac{\alpha_{зк.гвп} \cdot t_{дв} + (100 - \alpha_{зк.гвп}) \cdot t_{зв.зк.}^{гвп}}{100}; \quad (2.18)$$

$$t_{зк.гвп}^{зв.гвп} = \frac{83 \cdot 5 + (100 - 83) \cdot 35}{100} = 10,1 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води через теплообмінник у зовнішньому контурі системи ГВП

$$G_{зк}^{гвп} = \frac{Q_{гвп}}{C_v \cdot (t_{пр.зк.}^{гвп} - t_{зк.}^{зв.гвп})}; \quad (2.19)$$

$$G_{зк}^{гвп} = \frac{0,8 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (55 - 10,1)} = 4,25 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води від споживачів системи ГВП

$$G_{зв.зк.}^{гвп} = G_{зк}^{гвп} \cdot \left(\frac{100 - \alpha_{зк.гвп}}{100} \right); \quad (2.20)$$

$$G_{зв.зк.}^{гвп} = 4,25 \cdot \left(\frac{100 - 83}{100} \right) = 0,72 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води у систему ГВП

$$G_{дв}^{гвп} = G_{зк}^{гвп} - G_{зв.зк.}^{гвп}; \quad (2.21)$$

$$G_{дв}^{гвп} = 4,25 - 0,72 = 3,527 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води після підживлення зовнішнього контуру системи опалення водою з ХВО

$$t_{зк.оп}^{зв.оп} = \frac{\alpha_{зк.оп} \cdot t_{дв} + (100 - \alpha_{зк.оп}) \cdot t_{зв.зк.}^{оп}}{100}; \quad (2.22)$$

$$t_{зк.}^{зв.оп} = \frac{2 \cdot 5 + (100 - 2) \cdot 70}{100} = 68,7 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води через теплообмінник у зовнішньому контурі системи опалення

$$G_{зк}^{оп} = \frac{Q_{оп}}{C_{в} \cdot (t_{пр.зк.}^{оп} - t_{зк.}^{зв.оп})} ; \quad (2.23)$$

$$G_{зк}^{оп} = \frac{2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (90 - 68,7)} = 22,41 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води від споживачів системи опалення у зовнішньому контурі

$$G_{зв.оп}^{зк} = G_{зк}^{оп} \cdot \left(\frac{100 - \alpha_{зк.оп}}{100} \right) ; \quad (2.24)$$

$$G_{зв.оп}^{зк} = 22,41 \cdot \left(\frac{100 - 2}{100} \right) = 21,96 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води у систему опалення

$$G_{дв}^{оп} = G_{зк}^{оп} - G_{зв.зк.}^{оп} ; \quad (2.25)$$

$$G_{дв}^{оп} = 22,41 - 21,96 = 0,45 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата додаткової води на котельню

$$G_{заг} = G_{дв} + G_{дв}^{гвп} + G_{дв}^{оп} ; \quad (2.26)$$

$$G_{заг} = 0,17 + 3,527 + 0,45 = 4,147 \text{ (кг/с)}.$$

Навантаження на систему опалення в залежності від температури зовнішнього повітря [38]

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{оп}}^{\text{макс}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}}{t_{\text{в}} - t'_{\text{о}}}, \quad (2.27)$$

де $Q_{\text{оп}}^{\text{макс}} = 2$ МВт – максимальне теплове навантаження на систему опалення (у опалювальний період);

$t_{\text{в}} = 18$ °С – середня температура внутрішнього повітря котельні;

$t'_{\text{о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення;

$t'_{\text{оп}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період (опалювальний період – - 21°С; середньоопалювальний період – -1,1 °С; міжопалювальний період – 15°С).

Показники роботи котельні в опалювальний, середньоопалювальний та міжопалювальний періоди наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники роботи котельні в опалювальний середньоопалювальний та міжопалювальний період

Величина	Позначення	Розмірність	Періоди роботи котельні		
			Опалювальний $t_{\text{з пов.}} = -21^{\circ}\text{C}$	Середньоопалювальний $t_{\text{з пов.}} = -1,1^{\circ}\text{C}$	Міжопалювальний $t_{\text{з пов.}} = 15^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6
Потужність системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	2	0,98	0,153
Витрата води на мережний теплообмінник системи опалення	$G_{\text{оп}}$	кг/с	24,35	12,42	1,96
Витрата води у зовнішньому контурі системи опалення	$G_{\text{зк}}^{\text{оп}}$	кг/с	22,41	12,24	1,93
Витрата води на тепловентилятори	$G_{\text{опкз}}$	кг/с	0,26	0,258	–
Витрата води на мережні теплообмінники	$G_{\text{тм}}$	кг/с	34,09	23,37	12,87
Втрати мережної води	$G_{\text{втр}}$	кг/с	0,17	0,11	0,064
Витрата води після мережних теплообмінників	$G_{\text{зв}}$	кг/с	33,92	23,26	12,8
Витрата води через циркуляційний насос	$G_{\text{цн}}$	кг/с	34,35	18	12,87

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Температура води на циркуляційному насосі	$t_{\text{ци}}$	°C	84,68	84,3	84,56
Витрата води через котел	$G_{\text{к}}$	кг/с	34,35	23,62	12,87
Теплова потужність котельні	$Q_{\text{к}}$	МВт	2,92	2,04	1,096
Витрата робочого палива	$V_{\text{р}}$	м ³ /с	0,088	0,059	0,027
Витрата умовного палива	$V_{\text{у}}$	кг/с	0,106	0,074	0,039
ККД котельні по відпуску теплоти	$\eta_{\text{від.}}$	-	0,901	0,91	0,91
ККД котельні по виробництву теплоти	$\eta_{\text{вир.}}$	-	0,93	0,932	0,931

З аналізу результатів розрахунку показників роботи котельні можна стверджувати, що її робота є ефективною, оскільки ККД по відпуску теплоти впродовж зміни пори року змінюється не суттєво і становить 0,9 в опалювальний та 0,91 у міжопалювальний та середньоопалювальний періоди

Електричні потужності насосів, вентилятора та сумарна потужність власних потреб котельні показані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Електричні потужності роботи основного обладнання котельні

Показник	Розмірність	Опалювальний	Середньоопалювальний	Міжопалювальний
Потужність циркуляційного насоса	кВт	6,76×2	3,31×2	2,36×2
Потужність насоса для системи ГВП	кВт	1,6		
Потужність мережного насоса системи опалення	кВт	1,66×2	0,8×2	0,12×2
Розрахункова потужність електродвигуна вентилятора	кВт	8,29	5,2	2,38
Сумарна потужність власних потреб котельні	кВт	26,73	15,02	8,94

Електрична потужність власних потреб котельні розраховується, як сума потужностей циркуляційного насоса, мережного насоса для системи опалення та гарячого водопостачання, вентилятора. Сумарні електричні потужності власних потреб водогрійної котельні для різних періодів показані в табл. 2.2.

2.3 Техніко–економічні показники роботи водогрійної котельні на різних видах палива

Для проведення багатоваріантного аналізу розглянемо декілька варіантів зокрема:

- переведення водогрійної котельні на спалювання біогазу;
- переведення водогрійної котельні на спалювання твердої біомаси;
- переведення водогрійної котельні на спалювання біогазу і встановлення когенераційної установки;

Робота котлів на природному газі є досить поширеною через відносну легкість експлуатації котла та мінімальну кількість обслуговуючого персоналу котельні. Природний газ також відрізняється мінімальною кількістю втрат теплоти та шкідливих викидів у навколишнє середовище порівняно з вугіллям та мазутом. Водночас біогаз є одним з альтернативних видів палива і є найбільш екологічним в порівнянні з мазутом, вугіллям і природним газом. Мазут і вугілля мають більшу теплотворну здатність у порівнянні з природним газом та біогазом, як наслідок – витрата його буде менша.

Одним з перспективних напрямків відновлювальної енергетики України є біоенергетика. Вона заснована на використанні енергії органічних речовин рослинного та тваринного походження. Біомаса є універсальним джерелом енергії і може використовуватися як для виробництва електричної і теплової енергії, а також для отримання біопалива на потреби транспорту [39]. У тріски з деревини, як палива, є ряд переваг: 1) низька ціна; 2) достатня кількість на ринку палива; 3) під час спалювання має низьку зольність; 4) тріска є вуглецево-нейтральним і відновлюваним паливом. До недоліків можна віднести такі показники: 1) низька вологостійкість; 2) низька насипна щільність; 3) необхідність зберігання на території котельні; 3) менше можливостей для автоматизації подачі палива; 4) потрібно встановлювати систему подачі палива.

Будівництво котелень, які працюють на твердому біопаливі, зменшує споживання викопних видів палива, вирішує практичні проблеми навколишнього середовища, пов'язані з розміщенням і утилізацією відходів деревини,

обумовлює скорочення викидів парникових газів і пилу в атмосферу, тобто реалізацію заходів, щодо захисту довкілля. Тому для заміщення природного газу, як джерела енергії, до аналізу пропонуються варіанти з переведенням водогрійної котельні на спалювання тріски з деревини і паливних гранул. Розглядається варіант виробництва біогазу з відходів тваринництва і подальше спалюванням його у водогрійних котлах. Когенерація на даний час не є привабливою для інвестицій через такі фактори: різна вартість газу для виробництва теплової та електричної енергії на когенераційній установці, залежність ціни на газ та електричну енергію від політичних рішень, недосконала регуляторна база.

Економічні показники роботи котельні на різних видах палива визначимо за методиками [35, 40]. Для розрахунків приймаємо, що котельня працюватиме 19 діб в максимально-зимовому режимі, 180 діб в середньоопалювальному і 136 діб в літньому. Показники вибраних варіантів порівнюватимуться із показниками водогрійної котельні на природному газі.

Для визначення витрат на амортизацію і ремонт задаємо, що величина балансової вартості існуючої котельні встановленою потужністю 6,3 МВт становить 2 млн. грн, котельні на твердому паливі – 4 млн.грн, котельні на біогазі з урахуванням витрат на будівництво біогазової установки – 6 млн.грн. Для точних розрахунків капітальних вкладень складається локальний кошторис.

2.3.1 Техніко-економічні показники роботи котельні

Розрахунок роботи котельні на природному газі.

Річне виробництво теплоти

$$Q_{\text{вир}} = \left[(Q_{\text{к}}^{\text{оп}} \cdot \eta_{\text{вир}}^{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}}) + (Q_{\text{к}}^{\text{соп}} \cdot \eta_{\text{вир}}^{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}}) + (Q_{\text{к}}^{\text{моп}} \cdot \eta_{\text{вир}}^{\text{моп}} \cdot n_{\text{моп}}) \right] \cdot 3600 \cdot 24 \quad (2.28),$$

де $Q_{\text{к}}^{\text{оп}} = 2,92$ МВт – теплова потужність котельні в опалювальний період;

$\eta_{\text{вир}}^{\text{оп}} = 0,93$ – ККД котельні з виробництва теплоти у опалювальний період;

$n_{\text{оп}} = 19$ діб – тривалість опалювального періоду [38];

$Q_k^{\text{соп}} = 2,04$ МВт – теплова потужність котельні у середньоопалювальний період;

$n_{\text{соп}} = 180$ діб – тривалість середньоопалювального періоду [38];

$\eta_{\text{вир}}^{\text{соп}} = 0,932$ – ККД котельні по виробництву теплоти у середньоопалювальний період;

$Q_k^{\text{моп}} = 1,096$ МВт – теплова потужність котельні у міжопалювальний період;

$\eta_{\text{вир}}^{\text{моп}} = 0,931$ – ККД котельні по виробництву теплоти у міжопалювальний період;

$n_{\text{моп}} = 136$ діб – тривалість міжопалювального періоду [38].

$$Q_{\text{вир}} = [(2,92 \cdot 0,93 \cdot 19) + (2,04 \cdot 0,932 \cdot 180) + (1,096 \cdot 0,931 \cdot 136)] \times \\ \times 3600 \cdot 24 = 45953 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{\text{відп}} = [(Q_k^{\text{оп}} \cdot \eta_{\text{вир}}^{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}}) + (Q_k^{\text{соп}} \cdot \eta_{\text{відп}}^{\text{соп}} \cdot n_{\text{соп}}) + (Q_k^{\text{моп}} \cdot \eta_{\text{відп}}^{\text{моп}} \cdot n_{\text{моп}})] \cdot 3600 \cdot 24, \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{відп}} = [(2,92 \cdot 0,901 \cdot 19) + (2,04 \cdot 0,91 \cdot 180) + (1,096 \cdot 0,91 \cdot 136)] \times \\ \times 3600 \cdot 24 = 44909 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Річна витрата робочого палива

$$V_{\text{річ.рп.}} = ((V_p^{\text{оп}} \cdot 19) + (V_p^{\text{соп}} \cdot 180) + (V_p^{\text{моп}} \cdot 136)) \cdot 3600 \cdot 24; \quad (2.30)$$

$$V_p = ((0,088 \cdot 19) + (0,059 \cdot 180) + (0,027 \cdot 136)) \cdot 3600 \cdot 24 = 1379290 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Витрати коштів на паливо

$$C_{\text{п}} = V_{\text{річ.рп.}} \cdot \Pi_{\text{п}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.31)$$

де $\Pi_{\text{п}} = 21,5$ (грн/м³) – ціна газу для промислових споживачів [41];

$k_{\text{вп}} = 1,006$ – коефіцієнт, який враховує втрати палива [35];

$$C_{\text{п}} = 1379290 \cdot 21,5 \cdot 1,006 = 29832663,4 \text{ (грн/рік)}.$$

Витрати коштів на електроенергію для одноставкового тарифу

$$C_{\text{еє}} = E_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{еє}}, \quad (2.32)$$

де $\Pi_{\text{еє}} = 7,06$ (грн/кВт·год) – тариф на електроенергію для промислових підприємств [42];

$$C_{\text{еє}} = 105052 \cdot 7,06 = 741,66 \text{ (грн/рік)}.$$

Витрати коштів на воду

$$C_{\text{в}} = (G_{\text{заг}}/1000) \cdot \Pi_{\text{в}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365, \quad (2.33)$$

де $\Pi_{\text{в}} = 27,9$ (грн/ м³) – тариф на воду для промислових підприємств [43];

$$C_{\text{в}} = (4,147/1000) \cdot 27,9 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 3648756,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Капіталовкладення

$$K = 2 \text{ (млн.грн)}. \quad (2.34)$$

Витрата на амортизацію

$$C_{\text{ам}} = K \cdot S_{\text{а}}, \quad (2.35)$$

$$C_{\text{ам}} = 2 \cdot 0,075 = 0,15 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.36)$$

$$C_{\text{ІП}} = 0,2 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату

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

де O_p – середній оклад працівника, грн.;

τ_p – кількість місяців роботи котельні за рік;

ЄСВ – єдиний соціальний внесок [40];

n – кількість працівників на котельні.

$$C_{\text{ЗП}} = 12500 \cdot 1,385 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,35 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

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

$$C_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (29,8 + 0,74 + 3,65 + 0,15 + 0,03 + 0,35) = 2,1 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

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

$$C_{\text{ІН}} = 29,8 + 0,74 + 3,65 + 0,15 + 0,03 + 0,35 + 2,1 = 36,82 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії паровою котельнею

$$C_{\text{В}} = \frac{C_{\text{РІЧ}}}{Q_{\text{РІЧ}}}, \quad (2.40)$$

$$C_{\text{В}} = \frac{36,82 \cdot 10^6}{44909} = 819,88 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Виконаємо розрахунок річної витрати робочого палива в разі роботи котельні на біогазі.

Витрата робочого палива в опалювальний період

$$V_{p\text{ вк}} = \frac{Q_k}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (2.41)$$

$$V_{p\text{ вк}} = \frac{2,92}{19,5 \cdot 0,9} = 0,1664 \text{ (м}^3\text{/с);}$$

- середньоопалювальний період

$$V_{p\text{ вк}} = \frac{2,04}{19,5 \cdot 0,9} = 0,1162 \text{ (м}^3\text{/с);}$$

- міжопалювальний період

$$V_{p\text{ вк}} = \frac{1,096}{19,5 \cdot 0,9} = 0,0625 \text{ (м}^3\text{/с).}$$

З розрахунків видно, що витрата робочого палива для середньоопалювального періоду – природного газу становить 0,059 м³/с, а біогазу 0,1162 м³/с, що пояснюється меншою теплотою згорання біогазу.

Річна витрата робочого палива

$$V_p = ((0,1664 \cdot 19) + (0,1162 \cdot 180) + (0,0625 \cdot 136)) \cdot 3600 \cdot 24 = 2814704,64 \text{ (м}^3\text{/рік).}$$

Визначимо річну витрату робочого палива в разі роботи котельні на паливних гранулах. Теплота згорання паливних гранул 17,7 Мдж/кг, а ККД водогрієвих котлів в разі їх спалювання 0,85. Розрахунки здійснюємо за рівняннями (2.29) та (2.41). Витрата робочого палива в максимально зимовий

період 0,1941 кг/с, середньоопалювальний 0,1356 кг/с, міжопалювальний 0,0728 кг/с. Річна витрата робочого палива 3283,2 т/рік.

Визначимо річну витрату робочого палива в разі роботи котельні на трісці. Теплота згорання паливної тріски 13,1 Мдж/кг, а ККД водогрієвих котлів в разі її спалювання 0,82. Розрахунки здійснюємо за рівняннями (2.29) та (2.41). Витрата робочого палива в максимально зимовий період 0,2718 кг/с, середньоопалювальний 0,1899 кг/с, міжопалювальний 0,1020 кг/с. Річна витрата робочого палива 4598,1 т/рік.

Річне споживання електричної енергії в разі роботи котельні на паливних гранулах і деревній трісці

$$E_{\text{річ}} = \left(N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} \cdot \tau_{\text{оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} \cdot \tau_{\text{соп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} \cdot \tau_{\text{моп}} \right) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-3};$$

$$E_{\text{річ}} = (29,2 \cdot 19 + 17,5 \cdot 180 + 11,5 \cdot 136) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 135133,3 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Ціна на паливні гранули коливається від 8,0 до 14,5 грн/кг, а на тріску від 1,5 до 3,3 грн/кг [44–46]. Для розрахунків річних витрат на паливо вибрані середні ціни.

За рівняннями (2.30 – 2.40) визначаємо техніко-економічні показники роботи котельні на біогазі, паливних гранулах та паливній трісці. Вхідні дані і результати показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Техніко-економічні показники котельні на різних видах палива

Паливо	Природний газ	Паливні гранули	Тріска	Біогаз
1	2	3	4	5
Вартість природного газу, грн/м ³	21,5	–	–	
Вартість паливних гранул, грн/кг	–	7,0	–	
Вартість паливної тріски, грн/кг	–	–	3,5	
Собівартість виробництва біогазу, грн/м ³				5,5
Ціна на електроенергію, грн/кВт год	7,06	7,06	7,06	7,06
Витрата палива, тис. м ³ / рік, т/рік	1379,29	3283,2	4598,05	2814,7
Витрати коштів на паливо, млн.грн./рік	29,83	22,98	16,19	15,57
Витрати коштів на електроенергію, млн.грн./рік	0,74	0,954	0,954	0,74

1	2	3	4	5
Витрати коштів на воду, млн.грн./рік	3,65	3,65	3,65	3,65
Капіталовкладення, млн.грн	2	4	4	6
Витрати на амортизацію, млн.грн./рік	0,15	0,3	0,3	0,45
Витрати на поточний ремонт, млн.грн./рік	0,04	0,06	0,06	0,09
Витрати на заробітну плату, млн.грн./рік	0,35	0,35	0,35	0,35
Інші витрати, млн.грн./рік	2,1	1,71	1,3	1,27
Загальні річні експлуатаційні витрати, млн.грн./рік	36,82	30,00	22,8	22,12
Річний відпуск теплоти, ГДж./рік	44909			
Собівартість теплової енергії, грн/ГДж	819,88	668,02	507,78	492,55

З табл. 2.2 видно, що найменша собівартість виробництва 1 ГДж теплової енергії в разі спалювання біогазу за його собівартості 5,5 грн/м³. Також зважаючи на екологічні ефекти від впровадження біогазових технологій в тваринницькому комплексі приймаємо для подальшої розробки роботу водогрійної котельні на біогазі. Для цього виконаємо підбір основного обладнання.

2.4 Підбір основного обладнання біогазової установки

Підбір реактора біогазової установки.

Вхідні дані:

- поголів'я свиней – $k = 2000$;
- вологість субстрату – $W_c = 80 \%$;
- частка органічних речовин у 1 кг сухих речовин – $СОР = 85 \%$;
- вологість, що необхідна для процесу зброджування $W_{cm} = 95 \%$ [47].

Біогазова установка складається з біореактора, у якому здійснюється бродіння, системи газопостачання (компресор, осушувач, десульфуризатор, регулятор тиску, витратомір, запобіжно-запірний клапан), газгольдера та газопроводу, по якому біогаз подається у котельню. Принципова схема біогазової установки показана на рис. 2.2.

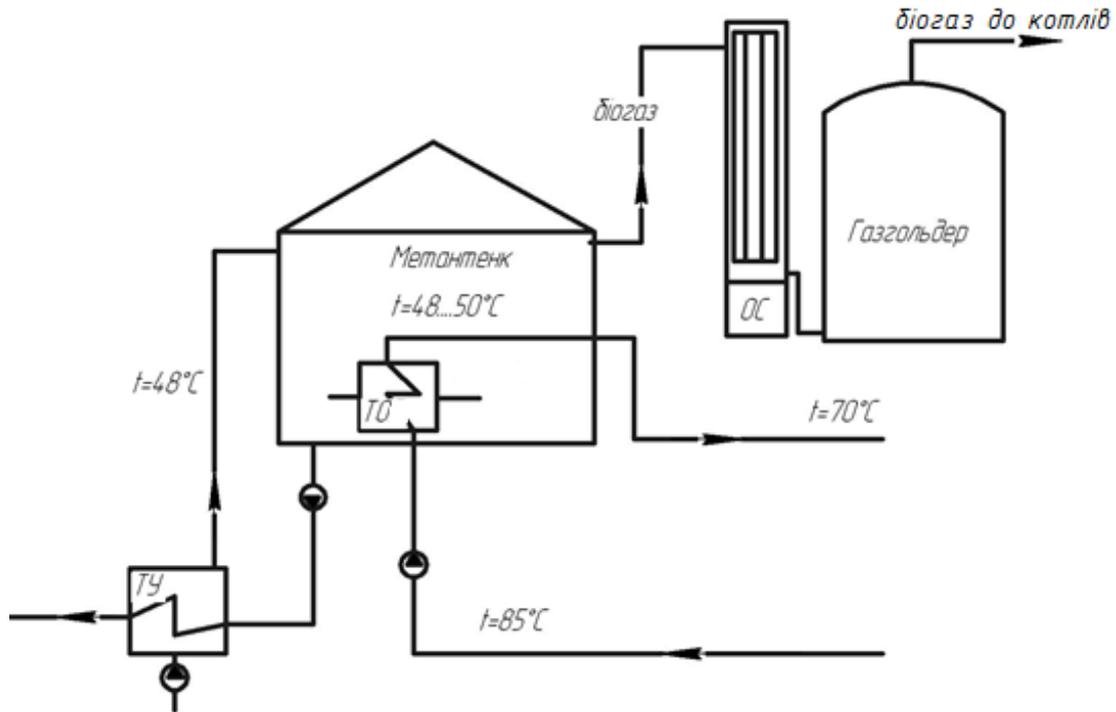


Рисунок 2.2 – Принципова схема біогазової установки

Добова кількість біомаси [26]

$$V_r = v \cdot k, \quad (2.42)$$

де $v = 40,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{добу}$ – норма відходів гною від свиней [26];

$$V_6 = 40,56 \cdot 10^{-4} \cdot 2000 = 8,11 \text{ (м}^3/\text{добу)}.$$

Густина відходів [26]

$$\rho = 1000 + 2,4 \cdot \left(1 - \frac{W_c}{100}\right); \quad (2.43)$$

$$\rho = 1000 + 2,4 \cdot (100 - 80) = 1048 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Маса відходів

$$M_6 = V_6 \cdot \rho; \quad (2.44)$$

$$M_6 = 8,11 \cdot 1048 = 8501,37 \text{ (кг/добу)}.$$

Маса сухих органічних речовин у біомасі [26]

$$G_{\text{COP}} = M_6 \cdot \left(1 - \frac{W_c}{100}\right) \cdot \left(\frac{\text{COP}}{100}\right); \quad (2.45)$$

$$G_{\text{COP}} = 8501,37 \cdot \left(1 - \frac{80}{100}\right) \cdot \left(\frac{85}{100}\right) = 1445,23 \text{ (кг COP/добу)}.$$

Об'єм води, що необхідний для розбавлення відходів до заданої вологості [26]

$$V_B = \frac{V_6 \cdot (W_{\text{см}} - W_c)}{100 - W_{\text{см}}}; \quad (2.46)$$

$$V_B = \frac{8,11 \cdot (0,95 - 0,8)}{1 - 0,95} = 24,33 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Добова кількість відходів заданої вологості

$$\Sigma V = V_6 + V_B; \quad (2.47)$$

$$\Sigma V = 8,11 + 24,33 = 32,44 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Необхідний об'єм реактора [26]

$$V_p = \frac{\Sigma V}{0,8} \cdot \tau_{\text{зав}}; \quad (2.48)$$

$$V_p = \frac{32,44}{0,8} \cdot 18 = 730 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Оскільки можливе збільшення поголів'я свиней, то підбираємо реактор із запасом, ємність якого становить 1000 м³. Реактор являє собою сталеву герметичну циліндричну вертикальну ємність, яка теплоізолювана із

зовнішнього боку для зменшення теплових втрат у навколишнє середовище. Діаметр ферментатора 12,5 м, висота верхнього конуса 1,9 м, циліндричної частини – 6,5 м, нижнього конуса – 2,15 м. На внутрішній стінці реактора встановлений теплообмінник для підтримання робочої температури процесу мезофільного анаеробного зброджування.

Підбір газгольдера.

Добовий вихід біогазу, що може бути отриманий при анаеробній переробці

$$V = G_{\text{COP}} \cdot b_{\text{r}} , \quad (2.49)$$

де $b_{\text{r}} = 0,381 \text{ м}^3$ – вихід біогазу з 1 кг СОР [26];

$$V_{\text{r}} = 1445,23 \cdot 0,381 = 550,6 \text{ (м}^3\text{/добу)}.$$

Об'єм гагольдера

$$V_{\text{r}} = \frac{V_{\text{r}} \cdot \tau}{24} ; \quad (2.50)$$

$$V_{\text{r}} = \frac{550,6 \cdot 48}{24} = 1100 \text{ (м}^3\text{)};$$

Для зберігання газу приймаємо 1 газгольдер середнього тиску (0,8...1 МПа) об'ємом 1000 м³. Тиск зберігання газу до 0,7 МПа.

Річна кількість добрив, що утворилась у процесі бродиння субстрату

$$M_{\text{річ}}^{\text{відх}} = \frac{\Sigma V}{\tau_3} \cdot 365 \cdot \rho , \quad (2.51)$$

де $\tau_3 = 18$ діб – тривалість циклу процесу зброджування у біореакторі;

$$M_{\text{річ}}^{\text{відх}} = \frac{32,44}{18} \cdot 365 \cdot 1048 = 689386,04 \text{ (кг/рік)}.$$

Система зберігання біогазу складається з газопроводу з запірною арматурою, конденсатозбірника, запобіжного клапану, регулятора тиску, газгольдера, компресора і споживача біогазу у вигляді водогрійного котла.

Отвір для виходу біогазу знаходиться в верхній частині вертикального реактора. За збірником конденсату встановлений запобіжний клапан і водяний затвор у вигляді ємності з водою, яка забезпечує пропускання газу тільки в одному напрямку. Водяний затвор розміщують в нижній частині системи. Ручні водяні затвори прості в експлуатації, але якщо регулярно не зливати воду з них, то система буде блокуватися через надто високий рівень води.

З реактора біогаз надходить в газгольдер, який призначений для накопичення біогазу, забезпечує вирівнювання тиску в реакторі і газовій системі. Об'єм складає приблизно $1/3$ від об'єму реактора, тобто 14 м^3 . Газгольдер середнього тиску $P = 300 \text{ кПа}$. Такий тиск в ньому підтримується компресором. Із газгольдера біогаз надходить в котел через регулювальний клапан. Газопровід з'єднує біогазову установку з котлом. Ця система повинна бути безпечною і економічною. З точки зору надійності обираємо сталеві газопровідні труби для наземного прокладання.

Підбір пальників для спалювання біогазу.

Для спалювання біогазу вибираємо два пальники МДП-Г-500 з максимальною потужністю до $5,5 \text{ МВт}$ [48].

2.5 Висновки до розділу

Виконані розрахунки теплової схеми водогрійної котельні ТОВ «Серволюкс-Генетик». Визначені витрати мережної води, робочого палива та умовного палива. Виконані розрахунки техніко-економічних показників роботи котельні. Собівартість виробництва теплової енергії котельнею на природному газі для закупівельної ціни $21,5 \text{ грн./м}^3$ становить $819,88 \text{ грн/ГДж}$. Визначені техніко-економічні показники котельні на інших видах палива. Встанов-

лено, що собівартість теплової енергії в разі роботи на пелетах, трісці і біогазі становить відповідно 668,02 грн./ГДж, 507,78 грн./ГДж, 492,55 грн./ГДж за собівартості виробництва біогазу 5,5 грн/м³. З огляду на економічні показники та екологічні ефекти вибраний варіант зі встановленням біогазової установки для переробки відходів тваринництва з виробленням енергоносіїв та встановлення теплообмінника-утилізатора теплоти відхідних газів котлів. Підібрано основне обладнання біогазової установки – біореактор і газгольдер об'ємом 1000 м³, а також пальники МДП Г – 500 до котлів.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОВІДДАЧІ ДО ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

3.1 Експериментальна установка

Алгоритм ЕРМ передбачає проведення базового експерименту з досліджуваною сумішшю.

Для визначення експериментальних значень коефіцієнта тепловіддачі в базовому режимі теплообміну і базового комплексу фізичних властивостей (КФВ₆) органічних відходів тваринництва проведені дослідження на експериментальному стенді [30,31], який показано на рис. 3.1.

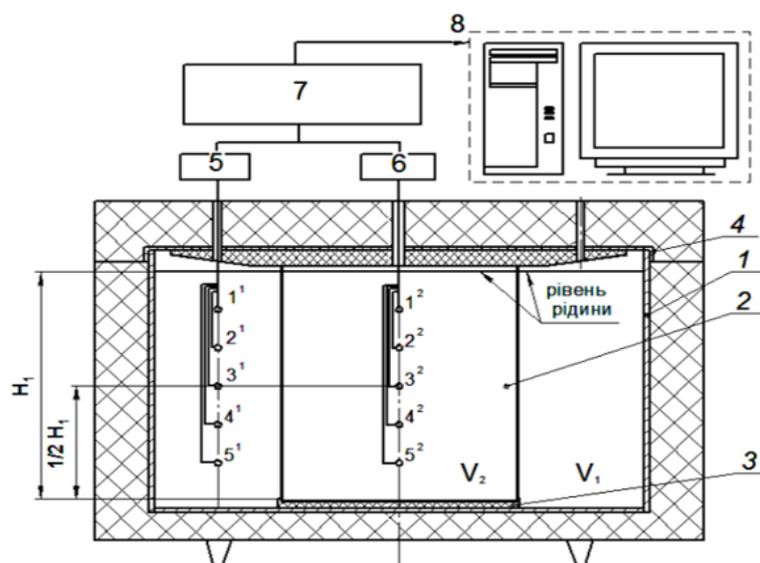


Рисунок 3.1 – Експериментальна установка

Установка складається з штативу 1, кришка 2, зовнішньої посудини циліндричної форми 4. Циліндрична посудина досліджуваної суміші 5 розміщена коаксіально в посудині 4 за допомогою підставки 3 таким чином, щоб між зовнішньою стінкою посудини 5 і внутрішньою стінкою посудини 4 утворився кільцевий зазор. В порожнині посудини 5 розміщений перемішувальний пристрій 15, який закріплений кронштейном 6 і приводиться в дію мотор-редуктором 10. Мотор-редуктор 10 з'єднаний з перемішувальним пристроєм муфтою 11. Термометр 13 закріплений в кільцевому зазорі за до-

помогою кронштейну 7. Термометр 14 встановлений у внутрішню порожнину посудини 5 за допомогою кронштейна 8. Термометри розміщено таким чином, щоб вимірвальна частина знаходилась в середній частині посудин. Діаметр та висота зовнішньої посудини дорівнює $D = 200$ мм, $H = 160$ мм, а внутрішньої посудини – $d = 98$ мм, $h = 120$ мм, товщина стінки внутрішньої посудини $\delta_{ст} = 1$ мм.

3.2 Методика проведення дослідів. Результати експериментів

За допомогою перемішувального пристрою 15 здійснювався режим теплообміну за умови вимушеної конвекції. Перемішувальний пристрій 15 закріплено так, щоб під час проведення експериментів за умов вільної конвекції, була можливість вільного його вилучення.

Дослідження закономірностей теплообміну до субстрату за умови вільної конвекції біля вертикальної стінки здійснювалось за наступною методикою. У внутрішню порожнину посудини 5 заливається дослідна суміш (рідина), що нагрівається (холодний теплоносій), а в кільцевий зазор заливається гарячий теплоносій (вода). Вимірюється температура води та досліджуваної суміші, що нагрівається, через деякі проміжки часу.

Дослідження закономірностей теплообміну до субстрату за умови вимушеної конвекції здійснювалось за наступною методикою. У внутрішню порожнину посудини 5 заливається субстрат, що нагрівається (холодний теплоносій), а в кільцевий зазор заливається гарячий теплоносій (вода). Здійснюється вимушений рух субстрату перемішувальним пристроєм 15.

Обробка базового експерименту здійснювалась за такою методикою.

Рівняння теплового балансу установки

$$Q_2 = Q_1 - Q_{втр}, \quad Q_{втр} = Q_{втр1} + Q_{втр2},$$

де $Q_{втр1}$, $Q_{втр2}$ – сумарні тепловтрати із зовнішньої та внутрішньої порожнин, відповідно.

Тепловий потік, який надходить від гарячого теплоносія

$$Q_1 = \frac{M_1 \cdot C_{p1} \cdot \Delta t_1}{\tau}$$

Тепловий потік, що сприймається холодним теплоносієм (натурною рідиною)

$$Q_2 = \frac{M_2 \cdot C_{p2} \cdot \Delta t_2}{\tau}$$

де M_1, M_2, C_{p1}, C_{p2} – маса та питома теплоємність гарячого і холодного теплоносіїв, відповідно.

Різниця температур, осереднених по висоті теплообмінної поверхні:

$$\text{у зовнішній посудині } \Delta t_1 = t'_1 - t''_1;$$

$$\text{у внутрішній посудині } \Delta t_2 = t''_2 - t'_2,$$

де $t'_1, t'_2; t''_1, t''_2$ – осереднена по висоті теплообмінної поверхні температура у зовнішній та внутрішній порожнині в початковий і кінцевий момент часу експерименту, відповідно.

Експериментальний коефіцієнт теплопередачі в системі

$$k_{\text{експ}} = \frac{Q_2}{F_{\text{то}} \cdot \Delta t},$$

де $F_{\text{то}}$ – площа теплообмінної поверхні; $\overline{\Delta t} = \overline{t_1} - \overline{t_2}$ — середній температурний напір.

Експериментальний коефіцієнт тепловіддачі для натурної рідини α_2 знаходимо із співвідношення

$$\frac{1}{k_{\text{експ}}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2};$$

$$\alpha_2 = \left(\frac{1}{k_{\text{експ}}} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} \right)^{-1},$$

де α_1 – розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія (води) до стінки; α_1 визначається за критеріальними рівняннями для визначення інтенсивності теплообміну у зовнішній порожнині з використанням теплофізичних властивостей; $\delta_{\text{ст}}$, $\lambda_{\text{ст}}$ – товщина та теплопровідність стінки теплообмінної поверхні.

Результати обробки експериментів показані на рис. 3.2 і на рис. 3.3.

Результати експериментального визначення інтенсивності теплообміну до субстрату свиней вологістю 94% за умови вільної конвекції показані на рис. 3.2.

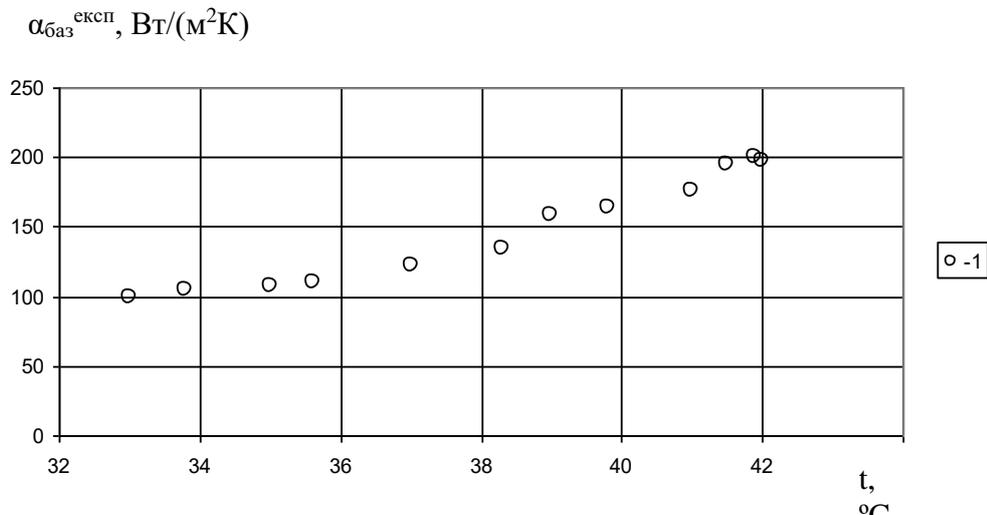


Рисунок 3.2 – Експериментальні базові коефіцієнти тепловіддачі за умови вільної конвекції: 1 – субстрат свиней, 94 %, не зброджений.

Вимірюється температура води та досліджуваної суміші, що нагрівається, через деякі проміжки часу. Результати досліджень інтенсивності теплообміну до субстрату свиней вологістю 94% за умови вимушеної конвекції показані на рис. 3.3.

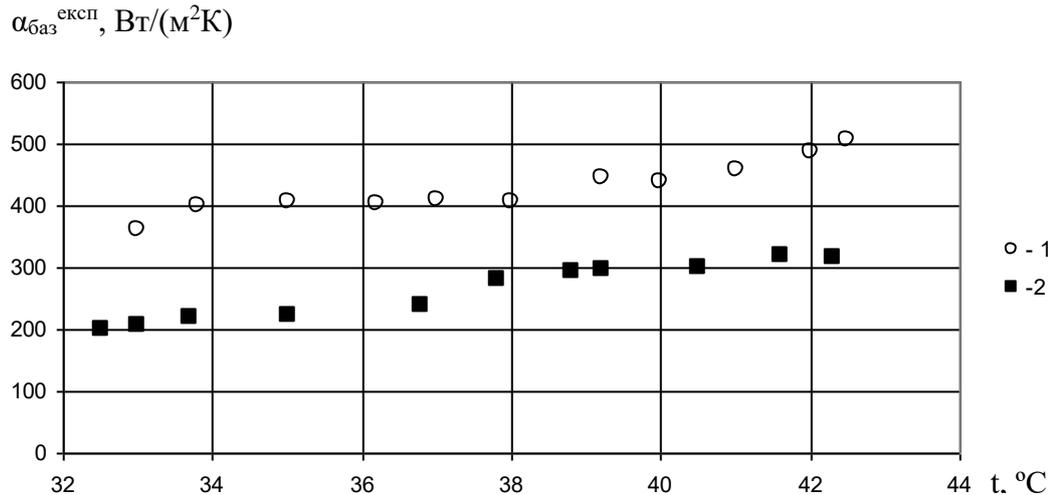


Рисунок 3.3 – Експериментальні базові коефіцієнти тепловіддачі:
1 – субстрат свиней, 94 %, зброджений; 2 – субстрат свиней, 94 %, не зброджений;

Із рис. 3.2 – 3.3 видно, що коефіцієнти тепловіддачі до субстрату вологістю 94% змінюються в діапазоні 370...505 Вт/(м²К) для збродженого і від 200...305 Вт/(м²К) для не збродженого.

3.3 Розрахункова частина експериментально-розрахункового методу

На основі базового експерименту визначаємо коефіцієнти тепловіддачі в теплообміннику, який проектується за таким алгоритмом:

– визначаємо температуру шуканого режиму $t_{шук}$, проводимо базовий експеримент по теплообміну в суміші (рідині), інформація по теплофізичним властивостям якої обмежена, в результаті чого визначаємо $KФВ_б$

$$KФВ_{експ}^{баз} = \frac{\alpha_{експ}^{баз}}{A \cdot (\Pi_{нт})_б^m},$$

де A – коефіцієнт, що враховує всі параметри, які входять в критеріальне рівняння для базового режиму теплообміну, окрім теплофізичних властивостей;

$(\Pi_{HT})_6^m = (Pr_p/Pr_{ст})_6^m = (\mu_p/\mu_{ст})_6^m$ – поправка на напрямок теплообміну в суміші в базовому режимі.

Виконуємо аналіз теплофізичних властивостей всіх модельних рідин і для кожної з них підбираємо такий діапазон визначальних параметрів – концентрацій c_M , % і температур t_M , °C, при якому значення розрахункового комплексу фізичних властивостей кожної із модельних рідин $[КФВ_6]_M$ співпадає з визначеним за ЕРМ комплексом фізичних властивостей $КФВ_6$ суміші з обмеженою інформацією по теплофізичним властивостям.

Для модельних рідин розраховуємо $[КФВ_6]_M$:

$$\text{Вільна конвекція} \quad КФВ_Б = \left(\frac{\lambda_p^{0,75} \cdot \beta_p^{0,25}}{\nu_p^{0,25}} \right) \cdot (C_p \cdot \rho_p)^{0,25};$$

$$\text{Вимушена конвекція} \quad КФВ_Б = \left(\frac{\lambda_p^{0,57} \cdot \beta_p^{0,1}}{\nu_p^{0,36}} \right) \cdot (C_p \cdot \rho_p)^{0,43}.$$

Тобто, за умови $КФВ_6 \cong [КФВ_6]_M$ вибирається перелік модельних рідин з різними визначальними параметрами для досліджуваної суміші:

– зіставляючи температури вибраних модельних рідин t_M і температуру шуканого режиму $t_{шук}$, остаточно приймаємо модельною рідину з такою концентрацією c_M %, температура якої найближча до температури досліджуваної суміші, при цьому залишається не обхідною умовою рівність $КФВ_6 \cong [КФВ_6]_M$. Вважаємо, що теплофізичні параметри досліджуваної суміші ідентичні до теплофізичних параметрів вибраної модельної рідини;

– за теплофізичними властивостями вибраної модельної рідини визначається поправка переходу із базового режиму в шуканий $\Pi_{шб}$, поправка на напрямок передачі теплоти в субстратах $(Pr_p/Pr_{ст})^{0,25}$, здійснюється уточнення і перевірка правильності вибору шуканого режиму теплообміну;

- визначається комплекс фізичних властивостей для шуканого режиму $KФВ_{шук}$, використовуючи поправку $\Pi_{шб}$;
- у вибране структуроване критеріальне рівняння, яке описує шуканий режим теплообміну, підставляється значення комплексу фізичних властивостей для шуканого режиму $KФВ_{шук}$ і визначається експериментально-розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі для шуканого режиму теплообміну $[\alpha_{ЕРМ}]_{шук}$.

3.4 Конструктивний розрахунок спірального теплообмінника

Розроблена математична модель розрахунку спірального теплообмінника-утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату. В теплообміннику субстрат, що вивантажується з реактора поступає в спіральний теплообмінник і нагріває свіжий субстрат, який поступає на завантаження. Програма створена в середовищі MathCad і призначена для виконання розрахунків коефіцієнтів тепловіддачі, коефіцієнта теплопередачі, площі поверхні теплообмінника-утилізатора та його основних конструктивних розмірів.

Для виконання розрахунків необхідно ввести вхідні дані після чого програма проведе розрахунок, отримані результати можна переписати або скопіювати у інші прикладні програми. За результатами обчислень проводять аналіз і за необхідності виконують графічну інтерпретацію даних.

Дана модель є нелінійною, детермінованою, відносно розмірності простору – одновимірною, відносно часу моделювання – статичною, відносно зміни параметрів – дискретною, також модель є структурною.

Кінцевим результатом є оптимізація, яка розв'язується алгоритмічним методом, складається з 15 лінійних рівнянь, серед яких рівняння теплового балансу теплообмінника, рівняння теплопередачі та рівняння гідродинаміки.

Особливістю розрахунку утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату є визначення коефіцієнта тепловіддачі від субстрату до стінки теплообмінника. Теплофізичні властивості субстратів не наведені в довідникових даних, тому критеріальні рівняння в їх класичному вигляді непридатні для роз-

рахунку інтенсивності теплообміну. Тому математична модель містить блок з ЕРМ для визначення коефіцієнтів тепловіддачі x обох сторін стінки теплообмінника. Для застосування ЕРМ вибрано базовий режим теплообміну та модельну рідину для нього; за допомогою методики, що наведена у [30,31] знайдено комплекс фізичних властивостей для базового режиму і розраховано значення поправки для переходу у шуканий режим.

Початковими даними для розрахунку є:

- температура відпрацьованого субстрату на вході в теплообмінник;
- температура субстрату, що завантажується в теплообмінник (у теплий та холодний період року);
- температура субстрату, що завантажується на виході з теплообмінника;
- ширина каналу теплообмінника;
- витрата субстрату на теплообмінник в разі безперервної дії апарату;
- коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки;
- початковий радіус спіралі теплообмінника.

Кінцевими результатами є:

- температура субстрату, що вивантажується на виході з апарату;
- коефіцієнт теплопередачі;
- площа поверхні теплообміну;
- довжина спіралі теплообмінника;
- діаметр корпусу апарату;
- об'єм апарату;
- вага заповненого теплообмінника.

Недоліками моделі є наявність можливої похибки розрахунків, яка виникає внаслідок використання апроксимації для визначення теплофізичних властивостей теплоносіїв.

Методика для розрахунку утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату показана нижче. В методиці також використані рівняння для конструктивного розрахунку спірального теплообмінника [49].

Витрата субстрату на теплообмінник в разі безперервної дії апарату, кг/с [26]

$$G_1 = G_2 = \frac{\Sigma V \cdot \rho}{(24 \cdot 3600)}, \quad (3.1)$$

Потужність теплообмінника, кВт

$$Q_x = G_2 \cdot C_p \cdot (t''_2 - t'_{2x}), \quad (3.2)$$

Еквівалентний діаметр каналу у шуканому режимі, м

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot b \cdot \delta}{2 \cdot (b + \delta)} \approx 2\delta, \quad (3.3)$$

Критерій Нуссельта для шуканого режиму

$$Nu_{\text{шук}} = 0,15 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,33} \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (3.4)$$

Коефіцієнт тепловіддачі для шуканого режиму, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\text{шук}} = \frac{Nu_{\text{шук}} \cdot \lambda}{l}, \quad (3.5)$$

Комплекс фізичних властивостей для шуканого режиму

$$K\Phi B_{\text{шук}} = \left(\frac{\beta^{0,1} \cdot C_p^{0,43} \cdot \rho^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}}{\nu^{0,1}} \right), \quad (3.6)$$

Критерій Нуссельта для базового режиму [30,31]

$$Nu_{\text{баз}} = 0,0549 \cdot Re^{0,589} \cdot Pr^{0,33} \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (3.7)$$

Коефіцієнт тепловіддачі для базового режиму, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\text{баз}} = \frac{\text{Nu}_{\text{баз}} \cdot \lambda}{l}, \quad (3.8)$$

Комплекс фізичних властивостей для базового режиму теплообміну відпрацьованого субстрату

$$\text{КФВ}_{\text{баз}} = \left(\frac{\beta^{0,1} \cdot C_p^{0,43} \cdot \rho^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}}{\nu^{0,359}} \right). \quad (3.9)$$

Поправка на перехід у шуканий режим теплообміну від базового

$$\Pi_{\text{ш.б.}} = \frac{\text{КФВ}_{\text{шук}}}{\text{КФВ}_{\text{баз}}} = \left(\frac{\beta^{0,1} \cdot C_p^{0,43} \cdot \rho^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}}{\nu^{0,1}} \right) \cdot \left(\frac{\nu^{0,359}}{\beta^{0,1} \cdot C_p^{0,43} \cdot \rho^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}} \right), \quad (3.10)$$

$$\Pi_{\text{ш.б.}} = \nu^{0,259}.$$

Комплекс фізичних властивостей для базового режиму теплообміну субстрату, що завантажується [30,31]

$$\text{КФВ}_{\text{баз}}^3 = \frac{\alpha_{\text{баз}}^{\text{св}}}{0,0549 \cdot w^{0,589} \cdot H^{0,3} \cdot 2\delta^{-0,411} \cdot g^{0,1} \cdot \Delta t^{0,1}}, \quad (3.11)$$

Поправка на напрямок теплообміну для субстрату, що завантажується

$$M_3 = \left(\frac{\text{Pr}_B}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (3.12)$$

Коефіцієнт тепловіддачі для шуканого режиму теплообміну відпрацьованого субстрату [30,31]

$$\alpha_{\text{шук}}^B = 0,15 \cdot w_{\text{шук}}^{0,33} \cdot d_{\text{екв}}^{-0,37} \cdot g^{0,1} \cdot \Delta t_{\text{шук}}^{0,1} \cdot \text{КФВ}_{\text{баз}}^{\text{збр}} \cdot \Pi_{\text{ш.б.}} \cdot M_3, \quad (3.13)$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К)

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{шук}}^{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{шук}}^{\text{з}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} \right)^{-1} \cdot K_3, \quad (3.14)$$

Площа поверхні теплообміну ТА, м²

$$F_{\text{то}} = \frac{Q_x}{k \cdot \Delta t_a}, \quad (3.15)$$

Довжина листів спіралі, м

$$L = \frac{F_{\text{то}}}{2 \cdot b}, \quad (3.16)$$

Крок спіралі, м

$$s = \delta + \delta_{\text{ст}} = 0,011 + 0,003 = 0,014 \text{ (м)}; \quad (3.17)$$

Початковий діаметр спіралі, м

$$d = 2r + s = 2 \cdot 0,02 + 0,014 = 0,054 \text{ (м)}; \quad (3.18)$$

Параметр x

$$x = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{d}{s} - 1 \right), \quad (3.19)$$

Кількість витків спіралі, необхідних для отримання ефективної довжини

$$N = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot L}{\pi \cdot s} + x^2 \right)} - x, \quad (3.20)$$

Зовнішній діаметр спіралі теплообмінника з врахуванням товщини листа, м

$$D_c = d + 2 \cdot N \cdot s + \delta_{\text{ст}}, \quad (3.21)$$

Результати розрахунків показані на рис. 3.4. і рис. 3.5.

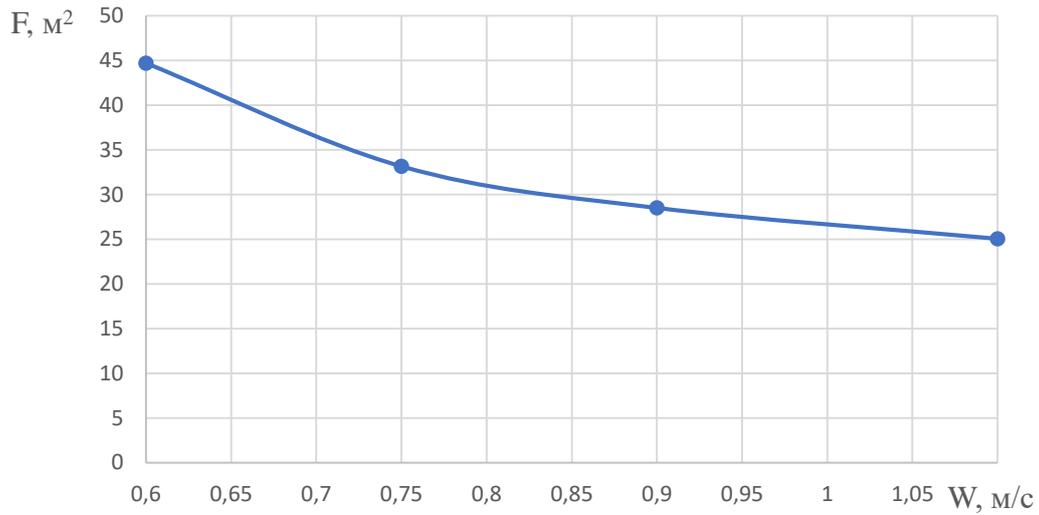


Рисунок 3.4 – Залежність площі поверхні теплообміну від швидкості руху субстрату

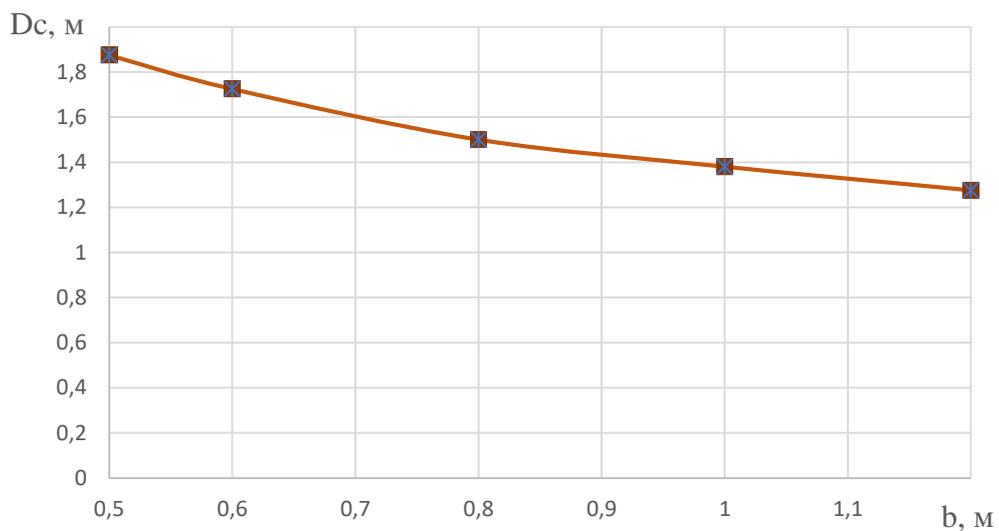


Рисунок 3.5 – Залежність діаметра спіралі від її ширини

Використання утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату (спіраль-ного теплообмінника) дозволить покращити ефективність роботи теплообмінника для термостабілізації процесу метаноутворення на 17 %, оскільки субстрат, що завантажується потрапляє у метантенк вже підігрітим.

3.6 Висновки до розділу

Виконані експериментальні дослідження інтенсивності тепловіддачі в зброджених і незброджених субстратах тваринного походження вологістю 94%. Експериментальні коефіцієнти тепловіддачі за умови вільної конвекції субстрату в базовому експерименті склали відповідно $\alpha = 100 \dots 210 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а для вимушеної конвекції збродженого субстрату за умови перемішування з кількістю обертів 30 об/хв $\alpha = 375 \dots 515 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, незбродженого субстрату - $\alpha = 200 \dots 315 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

З використанням значень коефіцієнтів тепловіддачі отриманих за експериментально-розрахунковим методом запропонована математична модель для визначення площі поверхні теплообміну спірального теплообмінника-утилізатора. Встановлено що зі зміною швидкості від 0,6 м/с до 1,1 м/с площа поверхні змінюється від 44,7 м² до 25,1 м².

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Технологія монтажу системи утилізації теплоти відхідних газів водогрійних котлів

4.1.1 Розробка схеми трубопроводів системи утилізації теплоти відхідних газів

4.1.1.1 Визначення діаметру трубопроводу відведення конденсату

Діаметри трубопроводів визначаються, виходячи з розрахункових максимальних витрат, а також допустимих швидкостей води і пари [50]

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\rho l w}}, \quad (4.1)$$

де G – масова витрата речовини, яка транспортується, кг/с;

w – його середня швидкість, м/с;

ρ – середня густина речовини (кг/м³), яка визначається як півсума густин на початку і в кінці трубопроводу.

Приймаємо швидкість руху конденсату в трубі 1 м/с.

Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,347}{983,2 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 0,0212(\text{м}).$$

Із сортаменту труб вибираємо трубу діаметром $\text{Ø}32 \times 2,5\text{мм}$ [51].

4.1.1.2 Визначення габаритних розмірів трубопроводів відхідних газів

Розміри короба визначаються, виходячи з розрахункових максимальних витрат, а також допустимих швидкостей димових газів. Швидкість газів і повітря повині бути в межах 10 м/с щоб не створювати шум.

Вибираємо стандартні короба перерізами 400×400мм та 400×250мм.

Еквівалентний діаметр

$$d_{\text{ек}} = \frac{4 \cdot f}{\Pi}, \quad (4.2)$$

$$d_{\text{ек}} = \frac{4 \cdot 0,16}{1,6} = 0,4(\text{м}^2),$$

$$d_{\text{ек}} = \frac{4 \cdot 0,1}{1,3} = 0,307(\text{м}^2).$$

Швидкість димових газів

$$W = \frac{V_r \cdot B_p}{f}, \quad (4.3)$$

$$W = \frac{9,67 \cdot 0,196}{0,16} = 10,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right),$$

$$W = \frac{4,835 \cdot 0,196}{0,13} = 7,289 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

4.1.2 Вибір допоміжного обладнання

Теплофізичні властивості газів для середньої температури

- густина $\rho_2 = 1,146 \text{ кг/м}^3$;
- кінематична в'язкість $\nu_2 = 16,48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re}_r = \frac{W_r \cdot d_{\text{екв}}}{\nu}, \quad (4.5)$$

$$\text{Re}_r = \frac{8,723 \cdot 0,4}{16,48 \cdot 10^{-6}} = 211723.$$

Втрати напору по довжині

$$\Delta h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w_{\text{п}}^2}{2} \cdot \rho, \quad (4.6)$$

$$\Delta h_{\text{тр}} = 0,02 \cdot \frac{15,850}{0,4} \cdot \frac{8,723^2}{2} \cdot 1,146 = 34,55 \text{ (Па)},$$

$$\Delta h_{\text{тр}} = 0,02 \cdot \frac{4,11}{0,307} \cdot \frac{6,978^2}{2} \cdot 1,146 = 7,47 \text{ (Па)},$$

$$\Delta h_{\text{тр}} = 0,02 \cdot \frac{4,7}{0,307} \cdot \frac{6,978^2}{2} \cdot 1,146 = 8,542 \text{ (Па)}.$$

Втрати напору в місцевих опорах

$$h_1 = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho, \quad (4.7)$$

$$h_1 = (4 \cdot 0,37 + 1 \cdot 0,45) \cdot \frac{8,723^2}{2} \cdot 1,146 = 84,14 \text{ (Па)},$$

$$h_1 = (2 \cdot 0,22 + 1 \cdot 0,45) \cdot \frac{6,978^2}{2} \cdot 1,146 = 12,276 \text{ (Па)}.$$

Загальні втрати тиску

$$H_{\text{заг}} = 12,276 + 12,276 + 84,14 + 8,542 + 7,47 + 34,55 = 159,254 \text{ (Па)}.$$

Втрати тиску з врахуванням втрат в теплообміннику

$$H = H_{\text{заг}} + H_{\text{теп}}, \quad (4.8)$$

$$H = H_{\text{заг}} + H_{\text{теп}} = 159,254 + 929,42 = 1088,67 \text{ (Па)}.$$

4.1.3 Організація монтажних робіт

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

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Теплообмінник газоводяний	шт	1	600	600
2	Вентилятор Vents ВКПФ	шт	1	14,4	14,4
3	Трубопроводи зі сталевих труб із фланцями та зварними стиками на умовний тиск не більше 2,5 МПа , що монтуються з готових вузлів, діаметр внутрішній 32 мм.	м	11,9	2,15	25,585
4	Короб 400×400(2мм)	м	4,3	24,96	107,328
5	Короб 400×250(2мм)	м	0,8	20,28	16,224
6	Короб 400×400(0,7мм)	м	12,86	8,736	112,344
7	Короб 400×250(0,7мм)	м	5,165	7,098	36,661
8	Відвід 90 400×400(2мм)	шт	8	17,472	139,776
9	Відвід 90 400×250(2мм)	шт	4	14,196	56,784
10	Відвід 90 400×400(0,7мм)	шт	3	6,1152	18,345
11	Відвід 90 400×250(0,7мм)	шт	4	4,96	19,874
12	Перехід 400×300(2мм)	шт	2	6,552	13,104
13	Перехід 400×300(0,7мм)	шт	2	2,293	4,5864
14	Перехід 400×250(2мм)	шт	2	6,084	12,168
15	Перехід 400×250(0,7мм)	шт	2	2,129	4,258
16	Засувка 400×400	шт	8	13,5	108
17	Засувка 400×250	шт	2	11,5	23
18	Кран шаровий фланцевий 32×3	шт	3	4,2	12,6
19	Решітка 400×400	шт	1	1,85	1,85
20	Мати мінераловатні з обкладкою з склотканини	м ³	2,8125		210,937
21	Спінений поліетилен 35×6 мм	м	11,9	0,035	0,416
Потреба у допоміжних матеріалах					
1	Проволка зварювальна легована ø 2мм	т	0,0000588		0,0588
2	Круги армовані абразивні зачисні ø 180×6	шт	1	0,1	0,1
3	Пароніт	т	0,000255		0,255
4	Азбестовий шнур ø 8 – 10 мм	т	0,006431		6,431
5	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	8,1489		8,1489
6	Мастика герметична	т	0,001461		1,461
7	Електроди ø 2мм Э42	т	0,00332		3,32

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
8	Болти будівельні з гайками і шайбами Ø 5×30 мм	т	0,02827		28,27
9	Електроди Ø 5мм Э42	т	0,00122		1,22
10	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,09		0,09
11	Болти Ø 12-14 мм	т	0,00252		2,52
12	Стрічка сталевая пакувальна м'яка 0,7×(20 – 50) мм	т	0,01592		15,92
13	Проволка сталевая низьковуглецева Ø 1,1 мм	т	0,000956		9,56
14	Проволка сталевая низьковуглецева Ø 6 – 6,3 мм	т	0,0258		25,8
15	Фланці Ø32	шт	7	1,01	7,07

Загальна маса обладнання – 1598,24 кг.

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 1708,465 кг.

4.1.4 Визначення складу і об'ємів робіт

4.1.4.1 Визначення складу робіт

Склад робіт:

- доставка деталей до місць монтажу та їх складування;
- встановлення газо-водяного теплообмінника;
- розмітка місць прокладання трубопроводу;
- розмітка місць прокладання коробів;
- прокладання трубопроводів діаметром 32 мм;
- встановлення запірної арматури;
- ізоляція трубопроводу діаметром 32 мм;
- прокладання коробів 400×400 (2 мм);
- прокладання коробів 400×400 (0,7 мм);
- прокладання коробів 400×250 (2 мм);
- прокладання коробів 400×250 (0,7 мм);

- встановлення решітки;
- встановлення запірної арматури;
- ізоляція коробів;
- перше робоче випробування окремих частин;
- робоча перевірка системи в цілому;
- кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію;
- повернення допоміжного обладнання на склад.

4.1.4.2 Визначення об'ємів робіт

Об'єми робіт:

- доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 2064,115 кг. Приймаємо об'єм $V = 2,06411$;

- монтаж газоводяного теплообмінника. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V = 1$;

- розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L = 11,9$ м. Приймаємо $V = 0,119$;

- розмітка місць прокладання коробів Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L = 23,125$ м. Приймаємо $V = 23,125$;

- прокладання трубопроводів діаметром 32×3 мм. Одиниці вимірювання в тонах. Вага труб діаметром 32×3 мм складає 25,585 кг, отже, приймаємо $V = 0,025585$;

- встановлення запірно-регулювальної арматури. Одиниці вимірювання в 10 штуках. Отже приймаємо $V = 0,3$;

- ізоляція трубопроводу діаметром 32×3 мм. Одиниці вимірювання в 10 метрах. Загальна довжина становить 11,9 м. $V = 1,19$;
- прокладання коробів 400×400 (2 мм). Одиниці вимірювання в 100 м^2 . Площа коробів 400×400 (2 мм) складає 20 м^2 , отже, приймаємо $V = 0,2$;
- прокладання коробів 400×400 (0,7 мм). Одиниці вимірювання в 100 м^2 . Площа коробів 400×400 (0,7 мм) складає $28,496 \text{ м}^2$, отже, приймаємо $V = 0,28496$;
- прокладання коробів 400×250 (2 мм). Одиниці вимірювання в 100 м^2 . Площа коробів 400×250 (2 мм) складає $1,04 \text{ м}^2$, отже, приймаємо $V = 0,0104$;
- прокладання коробів 400×250 (0,7 мм). Одиниці вимірювання в 100 м^2 . Площа коробів 400×250 (0,7 мм) складає $6,714 \text{ м}^2$, отже, приймаємо $V = 0,067114$;
- встановлення решітки. Одиниці вимірювання в штуках. Отже приймаємо $V=1$;
- встановлення запірно-регулювальної арматури. Одиниці вимірювання в штуках. Отже приймаємо $V = 10$;
- ізоляція коробів. Одиниці вимірювання в 10 м^2 . Загальна площа становить $56,25 \text{ м}^2$. $V = 5,625$;
- перше робоче випробування окремих частин. Одиниці вимірювання в 100 м. Загальна трубопроводу і коробів становить: $32,025 \text{ м}$. Отже, $V = 0,35025$;
- робоча перевірка системи в цілому. Одиниці вимірювання в 100 м. Загальна трубопроводу і коробів становить: $32,025 \text{ м}$. Отже, $V = 0,35025$;
- кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в 100 м. Загальна трубопроводу і коробів становить: $32,025 \text{ м}$. Отже, $V = 0,35025$;
- повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей $355,65 \text{ кг}$. Приймаємо об'єм $V = 0,35565$.

4.1.5 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

4.1.5.1 Доставка деталей до місць монтажу

1. Чітка організація доставки труб і матеріалів до робочих місць здійснює безпосередній вплив на якість монтажу санітарно-технічних систем.
2. Доставлені на будівельний майданчик прилади групуємо згідно заявочних специфікацій [53].

4.1.5.2 Монтаж трубопроводів

В даній системі трубопроводи розташовані відкрито вздовж стін. При їх прокладанні мінімальний уклон становить 0,003. Уклони трубопроводів спрямовуються в сторону повітровипускних пристроїв. Магістральні трубопроводи, які проходять через будівельні конструкції прокладаються в гільзах.

Монтаж магістральних трубопроводів виконати в такій послідовності;

- а) розмітити вісі магістралей та установити підвіски і кронштейни;
- б) прокласти труби, вузли і заготовки по наміченим вісям;
- в) зібрати трубопровід та приєднати до них монтажні вузли;
- г) вивірити та установити задані уклони;
- д) встановити і закріпити гільзи.

На місце прокладки переносять осі и позначки трубопроводів и розмічають місця установки опор, кріплень, компенсаторів і арматури. При розбивці траси внутрішньо цехових трубопроводів осі і позначки закріплюється за допомогою знаків, які наносяться безпосередньо на стіни будівлі, металеві та залізобетонні конструкції кресляркою або масляною фарбою. Розбивку прямолінійних горизонтальних осей виконують в першу чергу за допомогою сталеві проволки товщиною 0,2 - 0,5 мм, або капронової нитки. Якщо трубопровід буде прокладатися з нахилом, то позначку переносять на наступну колону з урахуванням напрямку і ухилу які вказуються в проекті. Спочатку

розбивають трасу головної магістралі а потім основні відгалуження до апаратів, машин, арматури або до інших ліній.

Прокладку трубопроводів всередині будівель і установок виконують на опорах по стінах і колонам, на підвісках до балок перекриття, і стелях з урахуванням вільного переміщення підйомно транспортного устаткування [54].

Монтаж горизонтальних і вертикальних металевих повітропроводів.

Повітроводи монтуються із заготовок, доставлених з заготівельного підприємства. Перед відправкою заготовки укомплектовуючи прокладками, хомутами, підвісками, розтяжками та іншими елементами згідно комплектаційної відомості. Довжина укрупнених блоків горизонтальних повітропроводів з'єднуються на фланцях не повинна перевищувати 10-12м.

При монтажі блоків слід користуватися траверсами, це допомагає уникати прогинів і зламів повітропроводів. Необхідно також контролювати міцність і герметичність з'єднань. Монтаж вертикальних повітропроводів за допомогою спеціальних захватів можна виконати як нарощуванням знизу так і нарощуванням зверху.

При монтажі методом нарощування знизу повітроводи доставляються до нижньої точки їх монтажу, встановлюють лебідки, блоки, і кріплення. Потім верхньою деталь стропують спеціальним захватом, піднімають на висоті наступної деталі и приєднують її [55].

4.1.5.3 Монтаж каналних вентиляторів

Прямокутні каналні вентилятори під'єднуються до повітропроводів за допомогою гнучких вставок, що складаються з двох фланців із закріпленою між ними тканиною стрічкою. Вставка кріпиться до фланців вентилятора за допомогою болтів або рейкового з'єднання.

Більшість вентиляторів може працювати в будь-якому положенні. При їх монтажі слід дотримуватися наступних правил:

- залишати ділянки прямих повітропроводів перед всмоктуючим і нагнітальним патрубками не менше 1,5 м;
- фланці зі стороною більш 400мм посилювати додатковими болтами;
- вентилятор необхідно завжди зміцнювати на самостійних підвісах або кронштейнах, щоб уникнути тиску на гнучкі вставки і повітропровід;
- монтувати вентилятор таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до штатних люків і кришок, необхідним для правильної експлуатації [55].

4.1.5.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано автомашиною MAN. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики автомашини MAN LE 185 2002 [56]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	до 4500
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2300
Найбільша швидкість	км/год	120
Радіус повороту	м	8,4
Колія колес:		
передні	мм	1800
задні	мм	1650
Витрата палива	л/100 км	16
Довжина		6100
Ширина		2450
Висота		2300
Маса	кг	11000

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний напівавтомат інверторного типу KIND MIG-300 [57]. Його характеристики вказані в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики зварювального напівавтомату інверторного типу KIND MIG-300 [57]

Величина	Одиниці вимірювання	Значення
Номінальна напруга мережі	В	380
Номінальний зварювальний струм	А	250
Діаметр зварювальної проволочки	мм	0,8-1,4
Споживана потужність	кВт	6,4
Діаметр касети з проволочкою	мм	300
Габарити	мм	590Ч280Ч650
Маса	кг	25

Для пробивки отворів у стіні та перекритті використовуємо перфоратор «МАКІТА» [58]. Її характеристики вказані в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика перфоратора МАКІТА HR 5001С

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Енергія удару	Нм	1,0
Частота удару	Гц	40
Потужність	Вт	350
Глибина отвору	мм	до 200
Маса	кг	12,8

Для шліфування та відрізання труб використовуємо болгарку Makita GA9050. Її характеристики вказані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічна характеристика болгарки Makita GA9050 [59]

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Швидкість холостого ходу	Об/хв	6600
Діаметр диска	мм	230
Потужність	кВт	2
Різьба шпинделя		M14×2
Маса	кг	4,5

Для підйому вантажу використовуємо лебідку з електроприводом ЛЕЦ-1. Її характеристики вказані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічна характеристика лебідку з електроприводом ЛЭЦ–1 [60]

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Тягове зусилля в канаті	кН	10
Швидкість навивки каната	м/с	0,25
Діаметр барабана	мм	190
Канатоємність	м	20
Потужність двигуна	кВт	3,4
Довжина	мм	1550
Ширина	мм	800
Висота	мм	540
Маса	кг	300

Для монтажу системи трубопроводів підібрано набір інструментів та пристосувань для монтажників, який наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17×19 мм М19×22 мм	ГОСТ2839-80	6 6	0,9 1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			355,65

4.1.5.5 Витрати на паливні та енергетичні ресурси

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [61]

$$E=P \times t \times k, \quad (4.9)$$

де: P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [61].

Витрати електроенергії на роботу перфоратора MAKITA HR 5001C.

$$K=0,1 \quad \tau=8 \text{ год}, \quad p=0,35 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 0,35 \cdot 8 \cdot 0,1= 0,28 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу болгарки «Makita GA9050

$$K=0,1 \quad \tau=16 \text{ год}, \quad p=2 \text{ (кВт)};$$

$$E_2= 2 \cdot 16 \cdot 0,1= 3,2 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального напівавтомату інверторного типу KIND MIG-300

$$k = 0,1; \quad \tau = 12 \text{ год}; \quad P = 6,4 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{за}} = 6,4 \cdot 12 \cdot 0,1 = 7,68 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу лебідки з електроприводом ЛЭЦ-1

$$k = 0,1; \quad \tau = 24 \text{ год}; \quad P = 3,4 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{за}} = 3,4 \cdot 24 \cdot 0,1 = 8,16 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів

- відстань 68 (км);
- кількість ходок $n=1$;
- витрата пального $Q=16$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot 1 = 0,16 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 68 = 21,76 \text{ л.} \quad (4.10)$$

Труби, деталі та конструкції завозяться централізовано автомашиною MAN LE 185 2002 [56].

4.1.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою [61]

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / B \text{ [люд/дні]}, \quad (4.11)$$

де V – об'єм робіт;

$N_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год [62-64];

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою [61]:

$$T = Q / n \text{ [дні]}, \quad (4.12)$$

де, Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Одиниця 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	2,0636 9	4,4	1,135	3	2 робітника 1 водій	0,378
Монтаж газо – водяного теплообмінника	шт	1	15,88	1,985	5р-1 4р-1 3р-1	Монтажники 5, 3 розряд	0,661
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,119	1,6	0,0238	2	Слюсар 4 розряду	0,0119
Розмітка місць прокладання коробів	100 м	0,2312 5	1,6	0,0462	2	Слюсар 4 розряду	0,0231
Прокладання трубопроводів діаметром 32×3	т	0,0255 85	584	1,867	4р-1 3р-1	Монтажник 3,5 розряд	0,9338

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення запір-но-регулювальної арматури 32 мм	шт	0,3	48	1,8	4р-1 3р-2	Слюсар 3,5 розряд	0,6
Ізоляція трубопро-воду діаметром 32×3 мм.	10м	1,19	3,36	0,4999	3р-1 2р-1	Ізолювальник 2, 5 розряд	0,2499
Прокладання коробів 400×400 товщиною 2мм	100м ²	0,2	157,59	3,939	5р-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажник 4, 1 розряд	0,984
Прокладання коробів 400×400 товщиною 0,7мм	100м ²	0,2849 6	207,4	7,3805	5р-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажник 4, 1 розряд	1,845
Прокладання коробів 400×250 товщиною 2 мм	100м ²	0,0104	173,4	0,225	5р-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажник 4, 1 розряд	0,0562
Прокладання коробів 400×250 товщиною 0,7мм	100м ²	0,0671 4	207,4	1,74	5р-1 4р-1 3р-1 2р-1	Монтажник 4, 1 розряд	0,435
Встановлення решіт-ки	шт	1	1,82	0,2275	4р-1 3р-2	Монтажник 4, 1 розряд	0,0758
Встановлення вен-тилятора	шт	1	10,2	1,275	5р-1 3р-2	Слюсар 4, 1 розряд	0,425
Встановлення запір-но-регулювальної арматури	шт	10	2,01	2,5125	4р-1 3р-1	Слюсар 4, 1 розряд	1,2562
Ізоляція коробів	10м ²	5,625	9,44	6,637	3р-1 2р-1	Ізолювальник 2, 5 розряд	3,318
Перше робоче ви-пробування окремих частин	100м	0,3502 5	5,4	0,2364	2	Слюсар сантехнік 5 р	0,118
Робоча перевірка си-стеми в цілому	100м	0,3502 5	2,9	0,127	2	Слюсар-сантехнік 5р	0,0634
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100м	0,3502 5	2,4	0,105	2	Слюсар-сантехнік 5 р	0,0525
Повернення допоміж-ного обладнання на склад	т	0,3556 5	2,6	0,115	2	Робітник Водій	0,0578

4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту щодо енергозабезпечення ТОВ «Серволукс-Генетик» з використанням технології отримання біогазу.

Під час вирішення поставлених задач потрібно використовувати проектно та нормативно-технічну документацію. Для безпечного та ефективного виконання монтажних робіт працівники повинні бути забезпечені всім необхідним будівельним обладнанням та інструментами. Крім того, необхідно створити для них сприятливі умови праці.

Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтажні роботи, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [65–67].

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

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

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

4.2.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.2.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання будівельного майданчика та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380×220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як в приміщеннях застосована струмопровідна підлога. При виконанні робіт з наладки біогазового обладнання потрібно передбачити заходи щодо запобігання вибуху газоповітряної суміші в зонах, де знаходяться діючі електроустановки. У вибухонебезпечних зонах електроустановок забороняється [68,69]:

- ремонтувати електрообладнання і мережі, що перебувають під напругою;
- експлуатувати електрообладнання в разі несправності захисних заземлень або контактних з'єднань, пошкодження ізоляційних деталей, блокувань кришок апаратів, в прокладках блокування вимикання з видом вибухозахисту «заповнення або продування оболонки»; відсутності кріпильних елементів, у випадку витікання мастила з оболонки та ін.;
- розкривати оболонку вибухозахищеного електрообладнання, струмовідні частини якого перебувають під напругою;
- вмикати електроустановку, що автоматично відключилася, без з'ясування і усунення причини її відключення;
- навантажувати вибухозахищене електрообладнання, проводи і кабелі вище регламентувальних норм або допускати режими його роботи, не передбачені нормативно-технічною документацією;
- змінювати встановлену інструкцією заводу-виробника комплектність іскробезпечних приладів (пристроїв), змінювати марку і збільшувати довжину проводів і кабелів, якщо ємність або індуктивність у разі цієї заміни бу-

дуть перевищувати максимально допустимі значення цих величин для даного іскробезпечного кола;

- залишати відчиненими двері приміщень і тамбурів, що відокремлюють вибухонебезпечні зони (приміщення) від інших вибухонебезпечних зон (приміщень) або невибухонебезпечних приміщень;

- замінити у вибухозахищених світильниках електричні лампи, що вийшли з ладу, іншими видами ламп або лампами більшої потужності, ніж ті, на які розраховані світильники, фарбувати та наносити матове покриття на світлопропускні елементи (ковпаки);

- вмикати електроустановки без апаратів, що вимикають захищене електричне коло, у разі ненормальних режимів;

- замінювати захист електрообладнання (теплові розчіплювачі магнітних пускачів і автоматів, запобіжники, електромагнітні розчіплювачі автоматичних вимикачів, пристрої захисного вимикання) іншими видами захистів або захистами з іншими номінальними параметрами, на які дане електрообладнання не розраховане;

- залишати в роботі електрообладнання з висотою шару мастила і кварцового піску, нижчою від встановленої;

- залишати в роботі електрообладнання з видом вибухозахисту «заповнення або продування оболонки під надмірним тиском» з тиском, нижчим від зазначеного в точках контролю цього тиску у інструкції з монтажу і експлуатації;

- експлуатувати кабелі з зовнішніми пошкодженнями оболонки і сталевих труб електропроводок.

Забороняється на вибухозахищеному електрообладнанні зафарбовувати паспортні таблички. Необхідно періодично оновлювати пофарбування знаків вибухозахисту і попереджувальних написів. Колір їх забарвлення має відрізнятися від кольору забарвлення електрообладнання.

Електричні випробування у вибухонебезпечних зонах дозволяється проводити тільки вибухозахищеними приладами, призначеними для відповідних вибухонебезпечних середовищ, а також приладами, на які є висновки організації, що провадить випробування.

Дозволяється провадити випробування безпосередньо у вибухонебезпечних зонах приладами загального призначення за відсутності вибухонебезпечних сумішей або вмісту їх в межах встановлених норм і унеможливленні утворення вибухонебезпечних сумішей під час проведення випробувань, та при наявності письмового дозволу на вогневі роботи.

Дозволяється випробовувати вибухозахищене електрообладнання, крім електрообладнання з видами вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло» і «підвищена надійність проти вибуху» (по ПВВРЕ) або з вибухозахистом виду «є» (за ГОСТ 22782.7-81), приладами загального призначення, встановленими в розподільчих пристроях, розташованих в приміщеннях без підвищеної небезпеки, за відсутності письмового дозволу на вогневі роботи і за умови, що всі вузли електрообладнання, які утворюють вибухозахист, зібрані.

Розподільчі пристрої, підстанції, трансформаторні пункти та інші приміщення електричних установок слід очищати від пилу і волокон в терміни, обумовлені місцевими умовами, але не менше 2 разів на рік. Внутрішні і зовнішні поверхні електрообладнання і електропроводок слід очищати від пилу і волокон з регулярністю, залежною від місцевих умов. Особливу увагу належить звертати на запобігання накопиченню пилу і волокон на нагрітих поверхнях.

Пил і волокна всередині електрообладнання слід прибирати в терміни, вказані в місцевих інструкціях, але не менше:

- двох разів на рік – для електричних машин з частинами, що нормально іскрять, (машини постійного струму, колекторні тощо);

- один раз на три місяці – для електрообладнання, встановленого на механізмах, що зазнають в процесі експлуатації трясіння, вібрації тощо;

- один раз на рік – для іншого електрообладнання.

Освітлювальна арматура (скляні ковпаки, рефлектори, металеві частини та ін.) і лампи всіх видів освітлення слід очищати в терміни, обумовлені місцевими інструкціями, але не менше:

- чотирьох разів в місяць – приміщеннях із значними виробничими виділеннями пилу або волокон;

- двох разів на місяць – в приміщеннях з незначними виробничими виділеннями пилу або волокон;

- двох разів на рік – в разі зовнішнього установа.

Систему припливно-витяжної вентиляції слід вмикати раніше, ніж електрообладнання, а вимикати – після його відключення і вона повинна мати блокування, яка не допускає вмикання електрообладнання в разі, якщо

В разі проведення ремонтних робіт в умовах тісноти, можливій загазованості, в тому числі – всередині технологічних апаратів, освітлення, як правило, слід забезпечувати за допомогою переносних вибухозахищених акумуляторних світильників у відповідному до середовища виконанні або переносних світильників у вибухобезпечному виконанні, що відповідають вимогам ПВЕ.

Пристрої для підключення пересувного і переносного електрообладнання слід розташовувати поза вибухонебезпечними зонами. Рівень вибухозахисту такого електрообладнання має відповідати класові вибухонебезпечної зони.

4.2.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустановки, необхідно: роз-

міщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. Основні (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додаткові (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

4.2.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [70] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Середньої Важкості ПБ	17-23	До 75	не більше 0,3
Теплий		18-27	65 при 26 °С	0,2-0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [63]: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°С; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2.2. Склад повітря робочої зони

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

Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Можливі забруднювачі повітря і їх ГДК

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [63]. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека. Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.2.3. Виробниче освітлення.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в» [71]. Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{нпр}$	Сумісне $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	в	малий	світлий	-	200	1	0,6

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра. Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

4.2.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [74].

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в табл.4.12.

Таблиця 4.12 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньогометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.2.5. Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [73] і наведені в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньогометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

На робочому місці присутня вібрація типу – За [73]. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 4.14.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружно-демпферуючим низом.

Таблиця 4.14 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

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

4.2.2.6. Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [65].

1. Класи умов праці за показниками важкості праці: загальні енергозатрати організму (кг/м): зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт); при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 12000(40); при загальному навантаженні (а участю м'язів рук, тулуба, ніг) – 40000(80); маса вантажу, що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 60000; при регіональному навантаженні (участь рук та плечового суглоба) – до 30000.

Статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни. нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 150 разів; переміщення у просторі (переходи задля технологічного процесу) – більше 12.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці.

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – до 50; щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150; навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь

ризиком для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня - більше 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

4.2.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.3.1 Оцінка безпеки перебування людей в будівлі в умовах дії радіації

Оцінка обстановки в надзвичайній ситуації є важливим елементом у комплексі захисних заходів населення та об'єктів господарювання. Вона є обов'язковим елементом роботи командно-начальницького складу формувань та штабу цивільного захисту і проводиться з метою своєчасного прийняття необхідних заходів захисту і обґрунтованих рішень, медичних та інших заходів по наданню допомоги ураженим і при необхідності евакуації населення та матеріальних цінностей [74].

Серед уражаючих факторів ядерної аварії та вибуху особливе місце займає радіоактивне забруднення. При цьому на великих площах може створюватися забруднення, яке буде небезпечним для населення протягом тривалого часу.

За цих умов необхідно організувати захист населення на основі даних про рівні радіації, характер, район і масштаби радіоактивного забруднення місцевості.

Для визначення впливу радіоактивного забруднення місцевості на населення та особовий склад формувань ЦО під час проведення рятувальних та інших невідкладних робіт виявляють і оцінюють радіаційну обстановку.

Радіаційна обстановка - це масштаб і ступінь радіоактивного забруднення місцевості, що впливає на людей, які перебувають у забруднених зонах та роботу об'єктів народного господарства.

Оцінка радіаційної обстановки полягає у визначенні:

- розмірів границь зон зараження;
- рівнів радіації;
- доз опромінення людей;
- впливу опромінення на людей та матеріальні цінності.

Радіаційна обстановка може визначатися на основі теоретичних розрахунків або за даними радіаційної розвідки.

Теоретичне прогнозування радіаційної обстановки проводиться з огляду на наслідки можливих аварій на ядерно небезпечних об'єктах на основі встановлених закономірностей залежності масштабів і характеру радіоактивного забруднення місцевості від виду об'єкта, можливої потужності ядерного вибуху чи викиду радіоактивних речовин за певних метеорологічних умов. Завчасно проведені розрахунки дозволяють створити карти можливого ураження населення та оптимізувати сили і засоби для ліквідації вірогідних наслідків.

Методом прогнозування можна встановити напрямок і швидкість руху радіоактивної хмари, час її підходу до будь-якої точки місцевості, час випадання радіоактивних речовин, визначити розміри зон радіоактивного забруднення і найбільш імовірне їх розміщення на місцевості.

Найчастіше при приблизній оцінці обстановки користуються поняттям середнього вітру. Середнім вітром називається вітер, який за швидкістю і напрямком для всіх шарів атмосфери від поверхні землі до висоти підйому радіоактивних речовин є середнім. Напрямок середнього вітру вказується азимутом у градусах.

При точних розрахунках необхідно враховувати напрямок руху всіх атмосферних потоків від поверхні Землі і до висоти підйому радіоактивних речовин.

Процес поширення радіоактивних речовин у атмосфері може мати дуже складний характер, тому з метою уточнення радіаційної обстановки проводять радіаційну розвідку на місцевості, що полягає у визначенні рівнів ра-

діації у точках з відомими координатами з обов'язковою фіксацією часу вимірювання.

Своєчасна оцінка та моніторинг радіаційної обстановки дозволяє своєчасно вжити комплекс заходів для захисту населення і провести підготовку до проведення рятувальних та аварійних робіт.

За результатами прогнозування радіаційної обстановки здійснюють оцінку можливих наслідків впливу радіоактивного забруднення на людей та довкілля, тобто визначають:

- необхідний комплекс рятувальних та аварійних робіт;
- можливі дози опромінення людей, які знаходилися на забрудненій території;
- необхідність захисних, евакуаційних, лікувальних та інших заходів для населення, що постраждало;
- допустимий час роботи рятувальних формувань у конкретних точках забрудненої території;
- ступінь зараження споруд, техніки, устаткування, ґрунту;
- ступінь зараження та придатність продуктів харчування і води;
- необхідність введення спеціального режиму роботи підприємств.

Типові режими радіаційного захисту розроблені з урахуванням зони радіоактивного забруднення місцевості, еталонного рівня радіації, коефіцієнтів ослаблення житлових, виробничих приміщень і протирадіаційних укриттів. Дотримання режимів забезпечує протирадіаційний захист населення та працівників, основна їх мета – не допустити опромінення людей понад встановлені допустимі дози.

4.2.3.2 Дія іонізуючих випромінювань на організм людини

Джерело іонізуючих випромінювань діє на організм при зовнішньому або внутрішньому опромінюванні (попаданні всередину організму з їжею, палінням і т. ін.). Під дією іонізуючих випромінювань в організмі людини

відбувається іонізація молекул і атомів тканини, порушується хімічна структура сполук, утворюються сполуки, не властиві живій клітині, що в свою чергу призводить до її відмирання. Зміни фізичних і біологічних процесів в організмі залежно від дози опромінювання, тобто функції окремих органів і всього організму людини можуть відновлюватись повністю або вести до функціональних порушень організму і виникненню променевої хвороби [75].

Ураження може викликати гостру і хронічну форми променевої хвороби. Гостра форма хвороби виникає при дії великих доз опромінювання за короткий період часу, хронічна — розвивається в результаті тривалої дії малих доз при зовнішньому опромінюванні або при попаданні всередину організму під час приймання їжі, палінні, вдиханні невеликих кількостей радіоактивних речовин. При гострій променевої хворобі спостерігається анемія, слабкість і схильність організму до інфекційних захворювань.

На першій стадії хронічної променевої хвороби спостерігається порушення сну, погіршення апетиту, з'являється головний біль, слабкість і т. ін. На другій стадії ці симптоми загострюються ще більше, порушується обмін речовин, з'являються порушення в роботі серцево-судинної системи і органів травлення.

На третій стадії порушується робота кровотворних органів, яка призводить до недокрів'я, лейкемії, відбувається крововилив в серцево-судинній системі, вражаються статеві органи, а також виникають зміни в генетичному апараті живого організму, якщо радіоактивне опромінювання діє на статеві органи і органи зародкового шляху. Спадкові зміни призводять до нежиттєздатності зародка як в першому, так і в наступних поколіннях. Шкідливі наслідки опромінення проявляються в стерильності потомства, в захворюваннях, які передаються в спадщину від покоління до покоління і призводять до зменшення тривалості життя людини, зниження стійкості проти інфекційних захворювань.

Радіоактивні випромінювання викликають місцеві ураження: захворювання шкіри, злоякісні пухлини, катаракту, з'являється сухість шкіри, ламкість нігтів, випадає волосся. Небезпечність дії радіоактивних випромінювань обумовлюється ще й тим, що людина органами чуттів не відчуває їхньої дії доти, доки не з'явиться та або інша зміна в організмі.

Для попередження шкідливої дії іонізуючих випромінювань необхідно усунути всяку можливість опромінювання організму дозами, які перевищують гранично допустимі. Ступінь ураження радіоактивними речовинами організму людини залежить від ряду чинників: виду випромінювання (альфа-, бета-, гамма-промені і т. ін.); кількості ізотопу (активності); його властивостей (енергії частинок в період піврозпаду та ін.); шляхів попадання в організм людини та його індивідуальної чутливості.

Впливу зовнішнього опромінювання організм зазнає тільки під час перебування людини у сфері впливу випромінювання. У випадку зникнення радіації припиняється і зовнішній вплив, а в організмі можуть розвинути зміни – наслідки опромінювання.

Радіоактивні речовини можуть потрапляти до організму працюючих через легені або шлунково-кишковий тракт, а також через непошкоджену шкіру. Особливо небезпечні у цьому відношенні роботи, пов'язані з розробкою радіоактивних руд. Радіоактивне випромінювання не тільки спричинює іонізацію повітря, а й призводить до аналогічного процесу в тканинах організму, значно змінюючи їх. Потрапляючи до організму, радіоактивні речовини заносяться кров'ю у різні тканини та органи і стають джерелом внутрішнього опромінювання. Особливою загрозою для організму є ізотопи, які протягом усього життя потерпілого можуть бути джерелами іонізуючого випромінювання.

Впливу іонізуючого випромінювання можуть зазнати працюючі з рентгенівськими та γ -променями під час здійснення γ -дефектоскопії на промислових підприємствах, обслуговуючий персонал прискорювальних уста-

новок і ядерних реакторів, а також зайняті розвідкою та добуванням корисних копалин та інше. У теперішній час вирішені основні питання радіаційної безпеки. Однак при порушеннях техніки безпеки або за певних обставин іонізуюче випромінювання може спричинити розвиток променевої хвороби (гострої та хронічної).

При початкових проявах захворювання показано тимчасове усунення від роботи, пов'язаної з впливом іонізуючої радіації, терміном до року. У разі наявності більш виражених проявів хвороби показано направлення хворого на лікарсько-експертну комісію для встановлення ступеня втрати професійної працездатності і трудових рекомендацій. Подальша трудова діяльність в контакті з цим фактором протипоказана.

Для профілактики іонізуючих випромінювань необхідна раціональна організація праці, дотримання норм радіаційної безпеки. Всі види робіт повинні мати ефективну екранізацію. При роботах із закритими джерелами випромінювання слід дотримуватись правил схову і переносу ампул з використанням контейнерів, маніпуляторів. Велике значення має дозиметричний контроль, проведення попередніх і періодичних медичних оглядів, а також дотримування медичних протипоказань щодо осіб, які приймаються на роботу з радіоактивними речовинами.

4.3 Висновки до розділу

Спроектовано систему утилізації теплоти відхідних газів. Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу системи утилізації теплоти відхідних газів, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудоміст-

кість яка становить 32,3 люд/дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 7,6 днів, а загальна тривалість робіт 12 днів.

В підрозділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз умов праці, розроблено вимоги до виробничої санітарії, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, заходи з електробезпеки, проведена оцінка безпеки перебування людей в будівлі в умовах дії радіації та охарактеризована дія іонізуючих випромінювань на організм людини.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно оцінити економічну ефективність інвестицій у влаштування нового обладнання у водогрійній котельні.

5.1 Локальний кошторис

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об’єктний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК (табл.5.1-5.3) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію 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.

Таблиця 5.1 -Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 04-001-001

ОСНОВА: креслення(специфікації) №
Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

Кошторисна
вартість 779,471 тис. грн.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість оди- ниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	15062-6047	Газгольдер 1000 м3	шт	1.0	267006.82	267007
2	15062-6061	Метантек 1000 м3	шт	1.0	321498.03	321498
3	1905-4070	Теплообмінники	комплект	1.0	161513.43	161513
Разом						750018
Транспортні та заготівельно-складські витрати						29453
Всього по кошторису						779471

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 5.2 – Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 04-001-002

на монтаж ментантенка
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість 2219.485 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 18.37613 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 1409.055 тис. грн.
Середній розряд робіт 3.8 розряд

Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КМ14-215-7	Монтаж Метантенка 1000 м3	комплект	1.0	1409919.30	264048.23	1409919	1032417	264048	14195.2000	14195.20
					1032416.90	69387.13			69387	844.2966	844.30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	КМ16-57-1	Монтаж пальника МДП-Г 550	шт	2.0	50012.01	22443.80	100024	43764	44888	289.6000	579.20
					21882.18	7107.69			14215	79.1886	158.38
3	КМ14-217-7	Монтаж газгольдера	комплект	1.0	55892.61	11644.98	55893	33095	11645	449.6000	449.60
					33095.06	2362.19			2362	29.0697	29.07
4	КМ13-376-33	Монтаж теплообмінника	т	0.95	63446.80	4370.77	60274	55026	4152	778.0000	739.10
					57922.10	1540.85			1464	18.5471	17.62
		Разом прямих витрат по кошторису						1626110	1164302	324733	15963.10
									87428		1049.37
		Разом прямі витрати					грн.	1626110			
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів					грн.	137075			
		вартість ЕММ					грн.	324733			
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ					грн.		87428		
		заробітна плата робітників					грн.		1164302		
		всього заробітна плата					грн.		1251730		
		Загальновиробничі витрати					грн.	593375			
		трудомісткість в загальновиробничих витратах					люд-г				1363.66
		заробітна плата в загальновиробничих витратах					грн.		157325		
		Всього по кошторису					грн.	2219485			
		Кошторисна трудомісткість					люд-г				18376.13
		Кошторисна заробітна плата					грн.		1409055		

Таблиця 5.3 – Об’єктний кошторис № 04-001

на будівництво		метантека (найменування будівлі, споруди, лінійного об’єкта інженерно-транспортної інфраструктури)						
		Кошторисна вартість			2998.956	тис. грн.		
		Кошторисна трудомісткість			18.37613	тис. люд.-год		
		Кошторисна заробітна плата			1409.055	тис. грн.		
		Вимірник одиничної вартості						
Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.								
№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудомісткість, тис. люд.год	Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	Показники одиничної вартості
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	04-001-001	придбання обладнання		779.471	779.471	-		
2	04-001-002	монтаж ментантеку	2219.485		2219.485	18.37613	1409.055	
		Всього по кошторису	2219.485	779.471	2998.956	18.37613	1409.055	
Склад								
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]								
Перевірів								
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]								

5.2 Загальні витрати інноваційного проекту та термін окупності

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в табл. 5.4, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису табл. 5.3).

Таблиця 5.4 – Перелік інноваційних витрат

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, місяців	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	29,99
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	6,00
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	44,98
Проектування	2,5	4	74,97
Експертиза інноваційного рішення	1	1	29,99
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	59,98
Виготовлення нового виробу	100	6	2998,96
Витрати на пусканалагоджувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	89,97
Витрати на підготовку кадрів	5	2	149,95
Всього		21	3484,79

Показники комерційної ефективності проекту (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-245,91	-3369,87	2256,36	2192,05	2126,91	2298,29	2366,34
2	Сальдо реальних грошей	-245,91	-2900,85	2256,36	2149,82	2084,68	2260,18	2332,35
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-245,91	-3146,77	-890,41	1259,41	3344,09	5604,28	7936,63
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-285,26	-3369,87	1945,14	1629,05	1362,62	1269,33	1126,65
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-285,26	-3655,13	-1709,99	-80,95	1281,68	2551,00	3677,65

З табл. 5.5 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на другому-третьому році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту.

Чисті грошові надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t – чистий грошовий потік на t -ому році; R_t – результат виручки у t -й рік; Z_t – витрати у t -й рік; N_t – податки у t -й рік; K_t – інвестиції у t -й рік; T_p – розрахунковий період. $NV = 7624,17$ тис. грн.

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де $\eta_t = 0,16$ – коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 3677,65 \text{ тис. грн.}$$

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності інвестицій

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t, \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t – го періоду, грн., CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн. Розрахунок представлений в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-285,26	-3369,87	1945,14	1629,05	1362,62	1269,33	1126,65
Кумулятивна	-285,26	-3655,13	-1709,99	-80,95	1281,68	2551,00	3677,65

Як видно з табл. 5.6 за показником залишку інвестиційних витрат, термін окупності даного проекту знаходиться між 2 та 3 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати:

$$T = 2 + 80,95 / 1362,62 = 2,06 \text{ року.}$$

5.3 Висновки до розділу

Прораховані локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об'єктний коштрис, в яких визначені:

- кошторисна вартість $K_b = 2998,96$ тис. грн.;
- кошторисна заробітна плата ЗП = 1409.055 тис. грн.;
- кошторисна трудомісткість $T = 18,38$ тис. люд –год.;
- вартість матеріалів – 916,471 тис. грн.

Розраховані основні показники ефективності інвестицій в проект:

- чисті грошові надходження – 10422,7 тис. грн.;
- чиста поточна вартість –5802,03 тис. грн.;
- термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 2,06 року.

ВИСНОВКИ

Під час функціонування ферм та тваринницьких комплексів утворюється значна кількість органічних відходів тваринництва. Органічні відходи тваринництва вивозяться на поля для поліпшення структури ґрунту та живлення рослин, але в непереробленому стані такі відходи спричиняють непоправну шкоду довкіллю. Органічні відходи тваринництва мають енергетичний потенціал і можуть бути використані для виробництва біогазу та біометану з подальшим отриманням енергоносіїв для ферми або комплексу. Ефективність роботи біогазових установок суттєво залежить від ефективності роботи теплообмінного обладнання. Для вдосконалення теплообмінного обладнання біогазових установок потрібно розробляти нові методи визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних органічних відходах.

Виконані розрахунки теплової схеми водогрійної котельні ТОВ «Серволюкс-Генетик». Визначені витрати мережної води, робочого палива та умовного палива. Виконані розрахунки техніко-економічних показників роботи котельні. Собівартість виробництва теплової енергії котельнею на природному газі для закупівельної ціни 21,5 грн./м³ становить 819,88 грн./ГДж. Визначені техніко-економічні показники котельні на інших видах палива. Встановлено, що собівартість теплової енергії в разі роботи на пелетах, трісці і біогазі становить відповідно 668,02 грн./ГДж, 507,78 грн./ГДж, 492,55 грн./ГДж за собівартості виробництва біогазу 5,5 грн/м³. З огляду на економічні показники та екологічні ефекти вибраний варіант зі встановленням біогазової установки для переробки відходів тваринництва з виробленням енергоносіїв. Підібрано основне обладнання біогазової установки – біореактор і газгольдер об'ємом 1000 м³, а також пальники МДП Г – 500 до котлів.

Виконані експериментальні дослідження інтенсивності тепловіддачі в збродженних і незбродженних субстратах тваринного походження вологістю 94%. Експериментальні коефіцієнти тепловіддачі за умови вільної конвекції субстрату в базовому експерименті склали відповідно

$\alpha = 100 \dots 210 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а для вимушеної конвекції зброженого субстрату за умови перемішування з кількістю обертів 30 об/хв $\alpha = 375 \dots 515 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, не зброженого субстрату - $\alpha = 200 \dots 315 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

З використанням значень коефіцієнтів тепловіддачі отриманих за експериментально-розрахунковим методом запропонована математична модель для визначення площі поверхні теплообміну спірального теплообмінника-утилізатора. Встановлено що зі зміною швидкості від 0,6 м/с до 1,1 м/с площа поверхні змінюється від 44,7 м² до 25,1 м².

Розроблено локальний кошторис. В локальному кошторисі визначено: кошторисна вартість $K_{\text{в}} = 2998,96$ тис. грн; кошторисна заробітна плата ЗП = 1409.055 тис. грн; кошторисна трудомісткість $T = 18,38$ тис. люд –год; вартість матеріалів –916,471 тис. грн. Розраховали основні показники ефективності інв естицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 10422,7 тис. грн.; чиста поточна вартість – 5802,03 тис. грн. Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,06 роки.

Спроектовано систему утилізації теплоти відхідних газів котлів. Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу. Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу системи утилізації теплоти відхідних газів, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 32,3 люд/дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 7,6 днів, а загальна тривалість робіт 12 днів.

Розроблено заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Резидент Н.В., Кучер Н.А., Щуришин Д.Р. Утилізація теплоти відхідних газів в поверхневих конденсаційних теплообмінниках. Матеріали ІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, 2023. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/788/1373/2632-1> (дата звернення: 11.11.2023).
2. Резидент Н.В., Щуришин Д.Р. Особливості визначення площі поверхонь теплообмінників біогазових установок. Енергоефективність в галузях економіки України : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 21-23 листоп. 2023 р. Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19576> (дата звернення: 11.11.2023).
3. Використання енергії відновлювальних джерел в агропромисловому комплексі України. URL: <http://elibrary.nubip.edu.ua/8156/1/10kso.pdf> (дата звернення: 11.11.2023).
4. Пляцук Л. Д. Альтернативні методи використання відходів тваринництва на прикладі підсобного господарства Синівського аграрного ліцею/ Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. О. Соляник, Сумський державний університет, 2011.
5. Шевченко І.А., Ляшенко О.О. Сучасні аспекти утилізації гною свиней. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2012/11/pig-manure-shevchenko-liashenko.pdf> (дата звернення: 11.11.2023).
6. Біохімічні методи очищення відходів. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:22b4e4e480db2da1201f4c9f07b576192496c7d2/20160213145313//260072/index.html (дата звернення: 11.11.2023).
7. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Михіна Л.І. Гігієнічна оцінка впливу викидів від сучасних свинокомплексів на забруднення атмосферного повітря. Довкілля та здоров'я. №2, 2018. С. 71-75. URL: <http://www.dovkil->

zdorov.kiev.ua/publ/dovkil.nsf/all/article?opendocument&stypе=9287AA23E3743D97C22582AB0041F31B (дата звернення: 11.11.2023).

8. Ратушняк Г. С., Анохіна К.В. Енергоефективні технологічні процеси та обладнання біоконверсії : монографія. Вінниця :ВНТУ, 2013. 148 с.

9. Войцицький А. П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. Техноекोलогія : підручник / за ред. В. М. Боголюбова. Київ : Аграрна освіта, 2009. 533 с.

10. Методи утилізації і знезараження відходів. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-158-2.html> (дата звернення : 13.11.2023).

11. Друга черга біогазового комплексу Юзефо-Миколаївської біогазової компанії: особливості проекту. URL : <https://uabio.org/news/uabio-news/11829/> (дата звернення: 12.11.2023).

12. Сталий розвиток. URL: <https://bit.ly/3jetlsM> (дата звернення : 13.11.2023).

13. Ткаченко С.Й., Степанов Д. В., Степанова Н.Д. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології. – Вінниця: Вісник ВПІ. – 2020. - №2. - С. 34–41. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2478/2371> (дата звернення: 11.11.2023).

14. Панчук М.В., Шлапак Л.С. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. № 3(60). 2016. С. 26–33.

15. Сировина для біогазу. URL : <https://ecolog-ua.com/news/syrovynadlya-biogazu> (дата звернення : 30.10.2023).

16. Біогаз і біометан. URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/> (дата звернення : 14.11.2023).

17. Стан та перспективи виробництва біогазу в Україні. URL: <https://uabio.org/img/files/news/pdf/min-agro.pdf> (дата звернення: 15.11.2023).

18. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. М. Рекомендації з вибору оптимальної сировини для виробництва біогазу на основі експериме-

нтальних даних щодо енергетичної цінності відходів. Інвестиції: практика та досвід № 24, 2020. С. 58 – 66. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2020/10.pdf (дата звернення: 15.11.2023).

19. Чепурний М. М., Ткаченко С.Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 130 с.

20. Пластинчасті теплообмінники. Сучасні тенденції застосування. URL: <http://www.patriot-nrg.ua/ukr/savings/view/134> (дата звернення 14.11.2023)

21. Анкор-Теплоенерго. Спіральні теплообмінники. URL: <https://ankort.com/ua/katalog/spiralniy-teploobmennik> (дата звернення 14.11.2023)

22. Спіральний теплообмінник. URL: <http://lektsiopedia.org/ukr/lek-9072.html> (дата звернення 14.11.2023).

23. Основні принципи управління процесом виробництва біогазу. URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=30720> (дата звернення 15.11.2023).

24. Мезофільні та термофільні режими. URL: <https://zorg-biogas.com/uk/blog/mezofilnye-i-termofilnye-rezimy> (дата звернення 15.11.2023).

25. Голуб Н. Б., Лелеко І.Г., Козловець О.А. Вплив коферментації сировини на вихід біогазу. *Відновлювана енергетика*. 2015. № 2. С. 87–92.

26. Зорг вихід біогазу з різних видів сировини. URL : <https://zorg-biogas.com/biogaz/vyhod-biogaza> (дата звернення : 15.11.2023).

27. Шворов С. А., Антипов Є. О. Науково-технічні рекомендації щодо інтенсифікації процесів анаеробного зброджування в реакторах біогазових установок. *Енергетика і автоматика*. №3. 2018. С. 95 – 105. URL : <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/301666.pdf> (дата звернення: 11.11.2023).

28. S.Tkachenko, O. Vlasenko, N. Rezydent., D. Stepanov, N. Stepanova. Cooling and heating of the fluid in the cylindrical volume. *Acta Innovations*. DOI: [10.32933/ActaInnovations.42.2](https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.42.2).

29. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Апаратурно-схемні рішення підвищення продуктивності біогазової установки. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2017. № 4. URL : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/issue/archive> (дата звернення 15.11.2023).

30. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Тепломасообмінні та гідродинамічні процеси в елементах систем біоконверсії : монографія. Вінниця: Універсум – Вінниця, 2011. 132 с.

31. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2017. 148 с.

32. Патент України на корисну модель 24616, МПК (2006) G01N25/18. / Спосіб визначення коефіцієнта тепловіддачі за умов конвективного теплообміну органічної суміші / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент /Промислова власність. Київ :Український інститут промислової власності. 2007,бюл. № 10, опубл. 10.07.2007 р.

33. Патент України на винахід 97021 України МПК G01N25/18(2006.01) Спосіб визначення коефіцієнта тепловіддачі за умов конвективного теплообміну органічної суміші / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент, Н.В. Пішеніна // Промислова власність. Київ : Український інститут промислової власності. 2011, бюл. № 24, опубл. 26.12.2011 р.

34. Ткаченко С. Й., Власенко О.В., Резидент Н.В. Теплообмін циліндричного рідинного тіла обмеженої висоти з навколишнім середовищем. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2021. №2(6). С. 41-45.

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

36. Технічні характеристики тепловентилятора Flowair LEO FB 15S. URL:<https://ventilator.ua/ru/product/flowair-leo-fb-15-m/> (дата звернення: 17.11.2023).

37. Тепломасообмін. Методи інтенсифікації : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / О. Ю. Співак., Н. В. Резидент. Вінниця : ВНТУ, 2023. 112 с.
38. Єнін П.М. Теплопостачання. Ч.1. Теплові мережі та споруди/П.М.Єнін, Н.А.Швачко. Київ : Кондор, 2007. 243 с.
39. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84122738.pdf>. (дата звернення: 18.11.2023).
40. Лялюк О. Г. Економіка енергетики. Вінниця : ВНТУ, 2009. 118 с.
41. Тарифи на газ для підприємств. <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-09-01/> (дата звернення: 19.11.2023).
42. Ціна на електроенергію в опалювальний період на 2022-2023 роки. URL: <https://ukravtonomgaz.ua/blog/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-biznesu-5-7-grnkvt-god-v-opalyuvalniy-period-2022-2023-rokiv> (дата звернення: 18.11.2023).
43. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/> (дата звернення: 18.11.2023).
44. Пелети з деревини. URL: <https://bit.ly/3V4KxhO> (дата звернення: 18.11.2023).
45. Пелети А1. <https://gi-pellets.com.ua/produkciya/na-palletakh> (дата звернення: 18.11.2023).
46. Тріска опалювальна 1 м куб. Ціна на пелети та тріску. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkciya/shepa-otopitelynaya> (дата звернення: 18.11.2023).
47. Отримання біогазу. URL: <https://sites.google.com/site/otrimannabiogazu> (дата звернення: 18.11.2023).
48. Пальники дизельні та мазутні. Пальники газові мікродифузійні. EcoFlame. Паспорт та керівництво з експлуатації. URL:

http://kryzhanovsky.com.ua/wp-content/uploads/pdf/dg_mdp-g.pdf (дата звернення: 11.11.2023).

49. Левченко Б. О. Тепло- і масообмінні апарати і установки промислових підприємств. Ч. 1 / За ред. Б. О. Левченко. Харків : ХДПУ, 1999. 420 с.

50. Гідрогазодинаміка. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/tkachenko_gidro_gazo_dunamika/page1.html (дата звернення : 15.11.2023).

51. Степанова Н. Д., Степанов Д.В. Теплові мережі : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.

52 Канальні вентилятори: URL: <https://vents.ua/catalog/inline-fans/> (дата звернення: 11.11.2023).

53. Кінаш Р. І., Жуковський С.С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.

54. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

55. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів: навчальний посібник / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. Суми : СумДУ, 2015. 151 с.

56. MAN L2000. URL https://uk.wikipedia.org/wiki/MAN_L2000 (дата звернення: 15.11.2023).

57. Каталог зварювальних апаратів KIND. URL: <https://ek.ua/ua/KIND-ARC-300.html> (дата звернення: 21.10.2023).

58. Світ інструменту. Перфоратори. URL: <http://mirinstrumenta.ua/category/perforatori.html> (дата звернення: 21.10.2023).

59. Кутова шліфмашина Makita GA9050. URL: <https://maklta.com.ua/makita-ga-9050-r> (дата звернення: 21.10.2023).

60. Лебідка ЛЭЦ-1. URL: <https://provent.ua/ua/category/lebedki-s-tjagovym-usiliem-ot-05-t-do-2-t/> (дата звернення: 21.10.2023).

61. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003. 122 с.
62. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
63. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 406 с. URL: <https://econstruction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/503fe171-e113-488b-8d73-9fcae5e9de05.pdf> (дата звернення: 20.11.2023).
64. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://econstruction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 20.10.2023).
65. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 (дата звернення: 11.11.2023).
66. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv-> (дата звернення: 18.11.2023).
67. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

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

69. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення: 11.11.2023).

70. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 13.11.2023).

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

72. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 12.11.2023).

73. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення: 10.11.2023).

74. Оцінка радіаційної і хімічної обстановки [Текст] : навчальний посібник / за ред. О.Є. Левченка /Левченко О.Є., Савицький В.Л., Торбін В.Ф., Сагло В.І., Барасій М.І. - К. : СПД Чалчинська Н.В., 2015. 256 с.

75. Васько Л. М. Засоби захисту організму від дії іонізуючого випромінювання [Текст] : навч. посібн. для студ. вищ. навч. закладів МОЗ України / Л. М. Васько, В. Ф. Почерняєва, В. П. Баштан. - К. : ВСВ "Медицина", 2019. 112с.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик» з

використанням технології отримання біогазу

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник доцент кафедри ТЕ Резидент Н.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

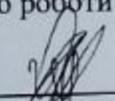
Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	82,9%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	17,1%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор


(підпис)

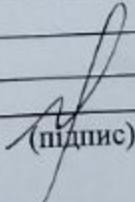
Щуришин Д.Р.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допустити роботу Щуришина Д.Р. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або установи

Завідувач кафедри ТЕ

Підпис Ініціали та прізвище

_____ Дмитро СТЕПАНОВ

“ _____ ” _____ 20 ____ р.

“ _____ ” _____ 20 ____ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**«Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик»
з використанням технології отримання біогазу»**

Керівник роботи:

к. т. н. доц., Резидент Н. В.

Виконавець:

студент гр. ТЕ-22 м

Щуришин Д.Р.

Вінниця 2023

1 Найменування та область застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і модернізації котельні тваринницького комплексу ТОВ «Серволюкс-Генетик» з поголів'ям 2000, яке знаходиться у Оратівському районі Вінницької області, с. Рожична, яка дозволить зменшити споживання природного газу, зменшити шкідливі викиди котельні в навколишнє середовище, підвищити енергоефективність біогазової установки.

2 Основа для проведення розробки

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, вхідні дані з котельні, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми МКР № 247 від «18» вересня 2023 року.

3 Мета та призначення розробки

Підвищити енергоефективність систем біоконверсії та зменшити їх техногенне навантаження на довкілля шляхом дослідження теплообмінних процесів в елементах системи з використанням експериментально-розрахункового методу..

4 Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Тепломасообмінні та гідродинамічні процеси в елементах систем біоконверсії : монографія. Вінниця: Універсум – Вінниця, 2011. 132 с.

5 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дані літературних та інтернет джерел, інші технічні матеріали щодо застосування відновлюваних видів палива.

1. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Тепломасообмінні та гідродинамічні процеси в елементах систем біоконверсії : монографія. Вінниця: Універсум–Вінниця, 2011. 132 с.

2. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2017. 148 с.

3. S.Tkachenko, O. Vlasenko, N. Rezydent., D. Stepanov, N. Stepanova. Cooling and heating of the fluid in the cylindrical volume. Acta Innovations.. DOI: 10.32933/ActaInnovations.42.2/

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

5 Технічні вимоги

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

5.1.1 Теплова потужність системи опалення.....1000 кВт

5.1.2 Теплова потужність системи ГВП.....800 кВт

5.1.3 Температурний графік90/70 °С

5.2 Використання для джерела енергопостачання відновлюваних видів палива.

Паливо:

- природний газ;
- біомаса, інші види палива.

5.3 Зменшення споживання або повна заміна природного газу.

6 Економічні показники

Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення котельні на альтернативні природному газу види палива, визначивши річні витрати палива, економію палива, зменшення шкідливих викидів в атмосферу, визначити термін окупності капіталовкладень на будівництво.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

8 Вимоги з надійності

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

9 Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Біогазові технології як альтернатива природному газу для тваринницьких комплексів	22.09.23...08.10.23	
2	Аналіз показників роботи водогрійної котельні на різних видах палива	09.10.23...15.10.23	
3	Дослідження інтенсивності тепловіддачі до органічних відходів тваринництва	16.10.23...01.11.23	
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	02.11.23...18.11.23	
5	Економічна частина	19.11.23...25.11.23	
7	Оформлення МКР	26.11.23...02.12.23	
8	Попередній захист МКР	03.12.23...12.12.23	
9	Захист МКР	13.12.23...24.12.23	

Дата видачі завдання «__» _____ 2023 р.

Крайні терміни виконання «__» _____ 2023 р.

10 Порядок контролю та приймання

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

11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

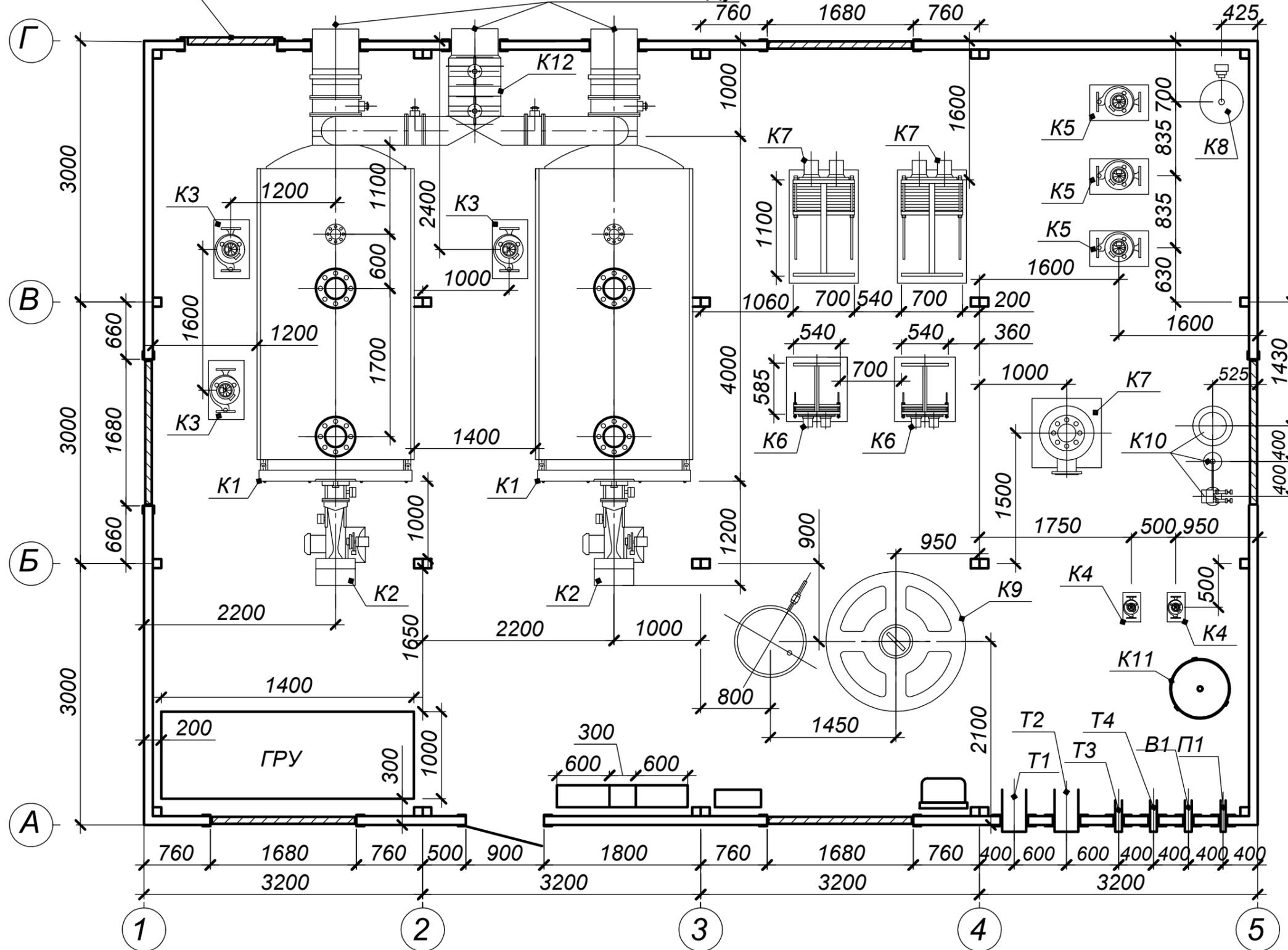
Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОВ «СЕРВОЛЮКС-ГЕНЕТИК»
З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ**

Решітка приточної вентиляції

Газохід котла Ду 400

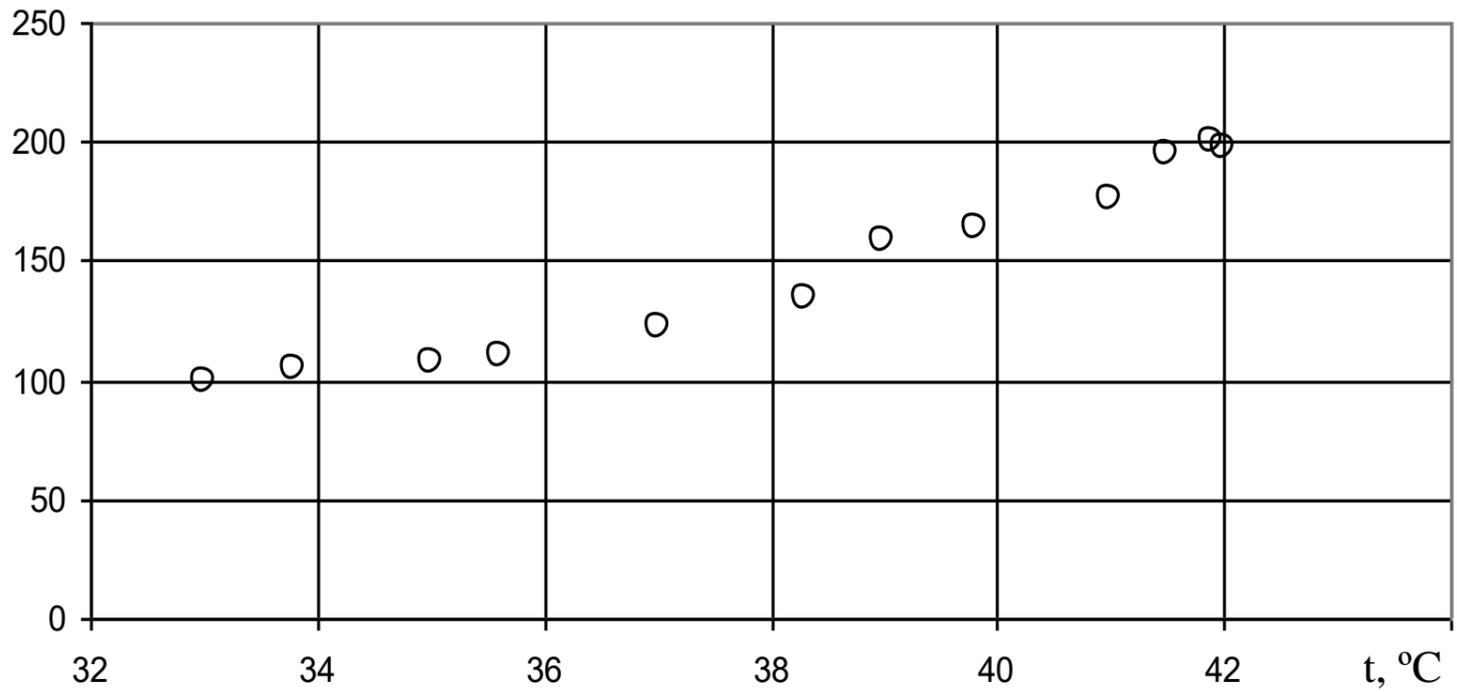


Замість Інв. N
Підпис і дата
Інв. N ориг.

						08-15.МКР.009.01.00.000 AP				
						с. Рожична				
Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик» з використанням технології отримання біогазу		Стадія	Аркуш	Аркушів
										1
Розробив		Щуришин Д.Р.								
Перевірив		Резидент Н.В.								
Т.контр.		Резидент Н.В.								
Опонент		Христич О.В.								
Н.контр.		Резидент Н.В.								
Затверд.		Степанов Д.В.				План котельні на відм. 0.000 після модернізації		ВНТУ, ТЕ-22М		

КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОВІДДАЧІ ДО СУБСТРАТУ ЗА УМОВ ВІЛЬНОЇ КОНВЕКЦІЇ

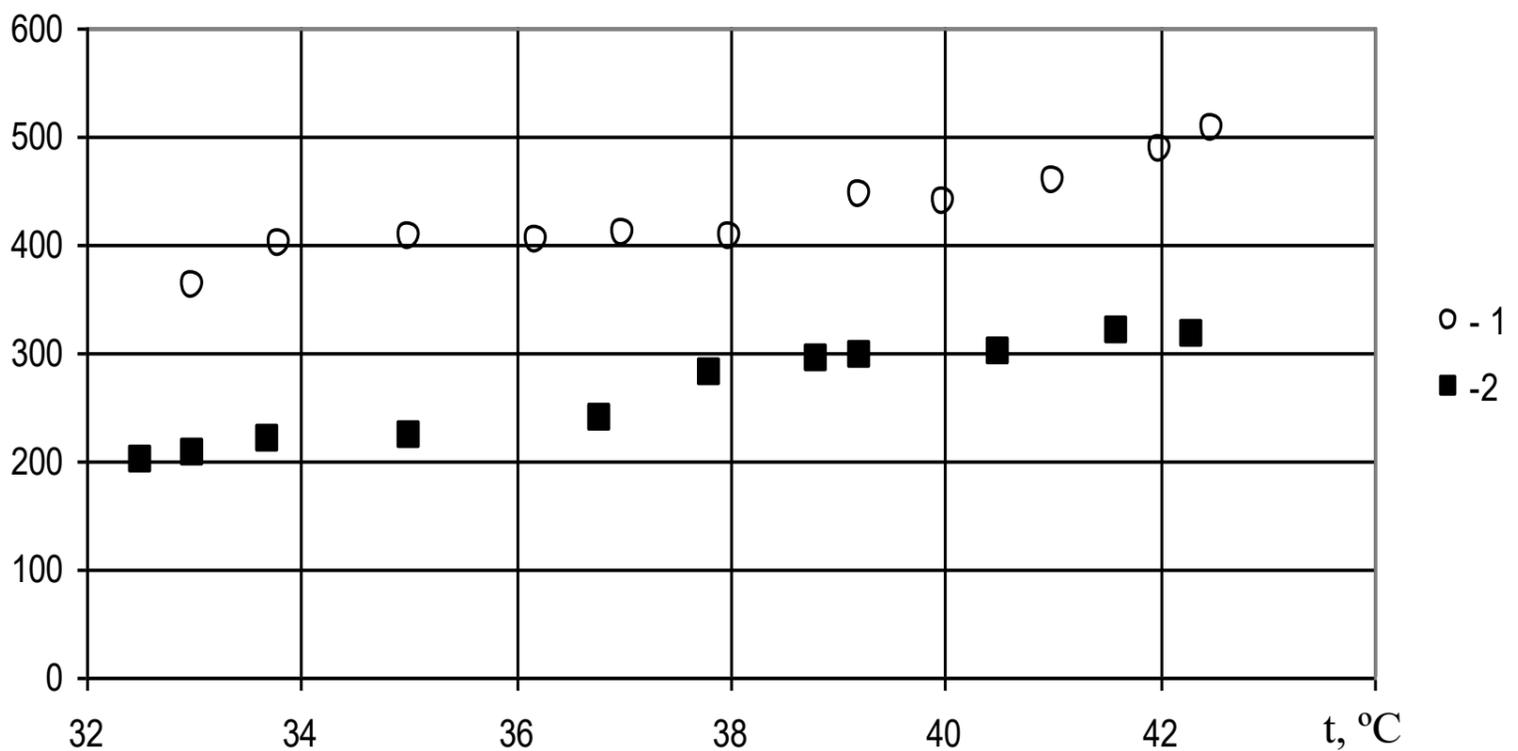
$\alpha_{\text{баз}}^{\text{експ}}$, Вт/(м²·К)



КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОВІДДАЧІ ВІД МЕТАЛЕВОЇ СТІНКИ
ДО СУБСТРАТУ СВИНЕЙ, ВОЛОГІСТЬ W = 94%

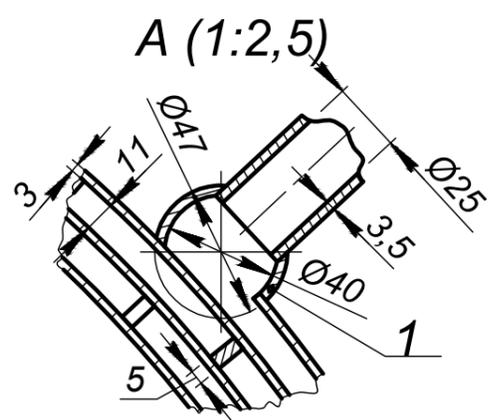
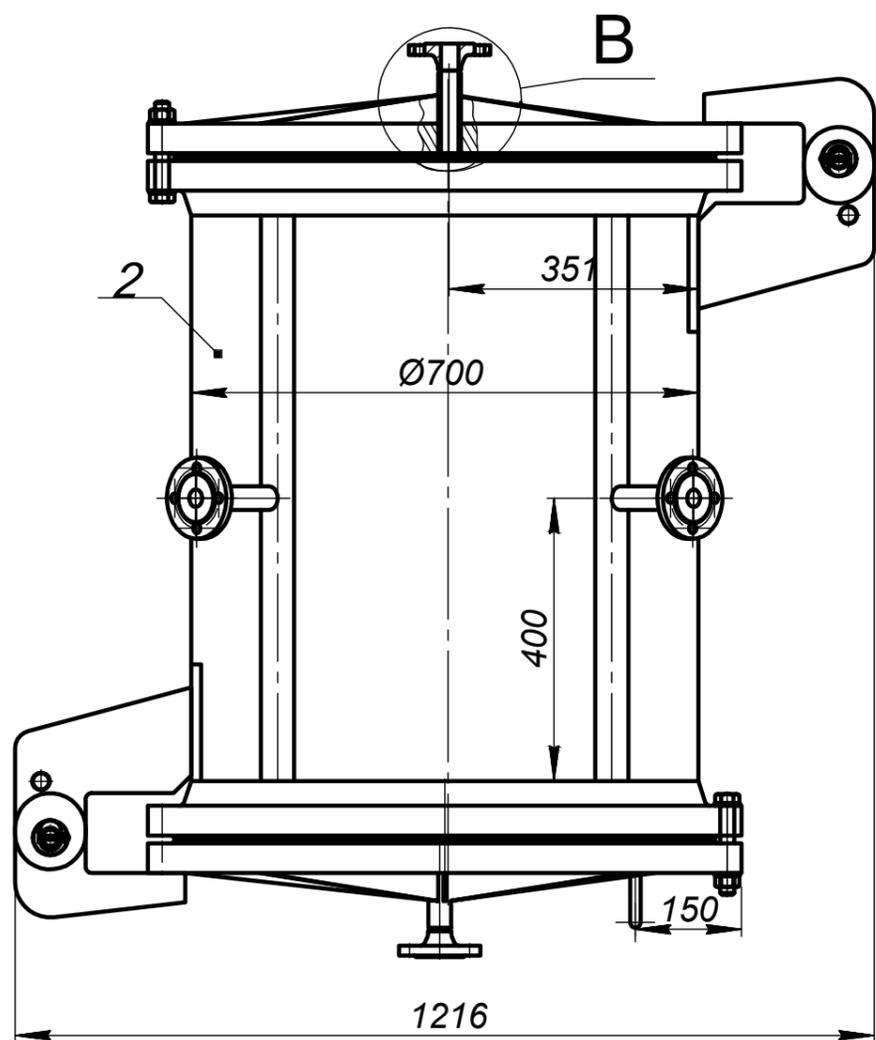
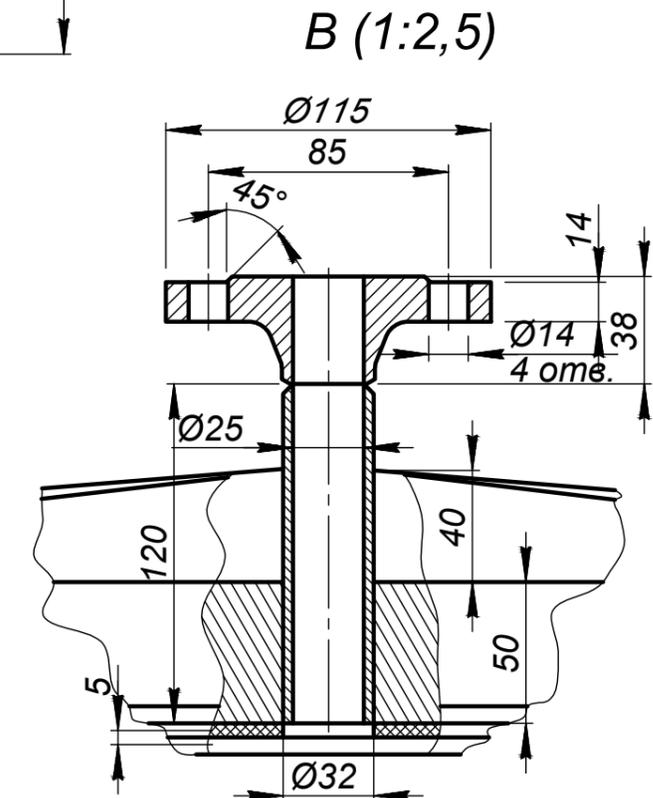
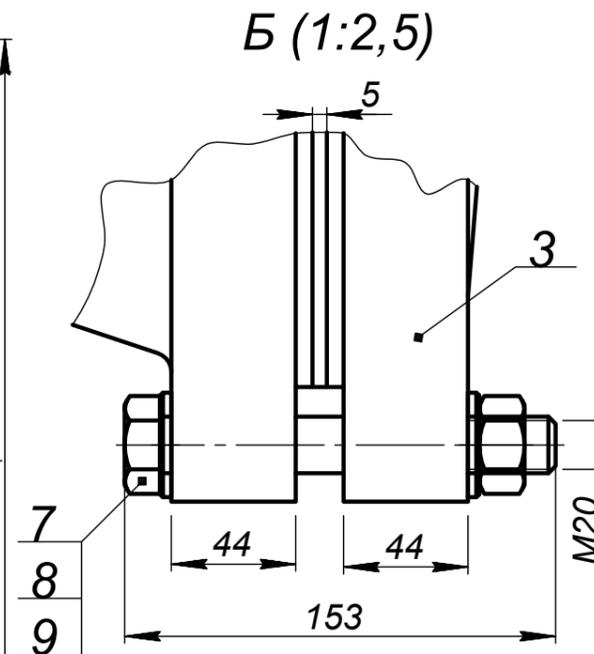
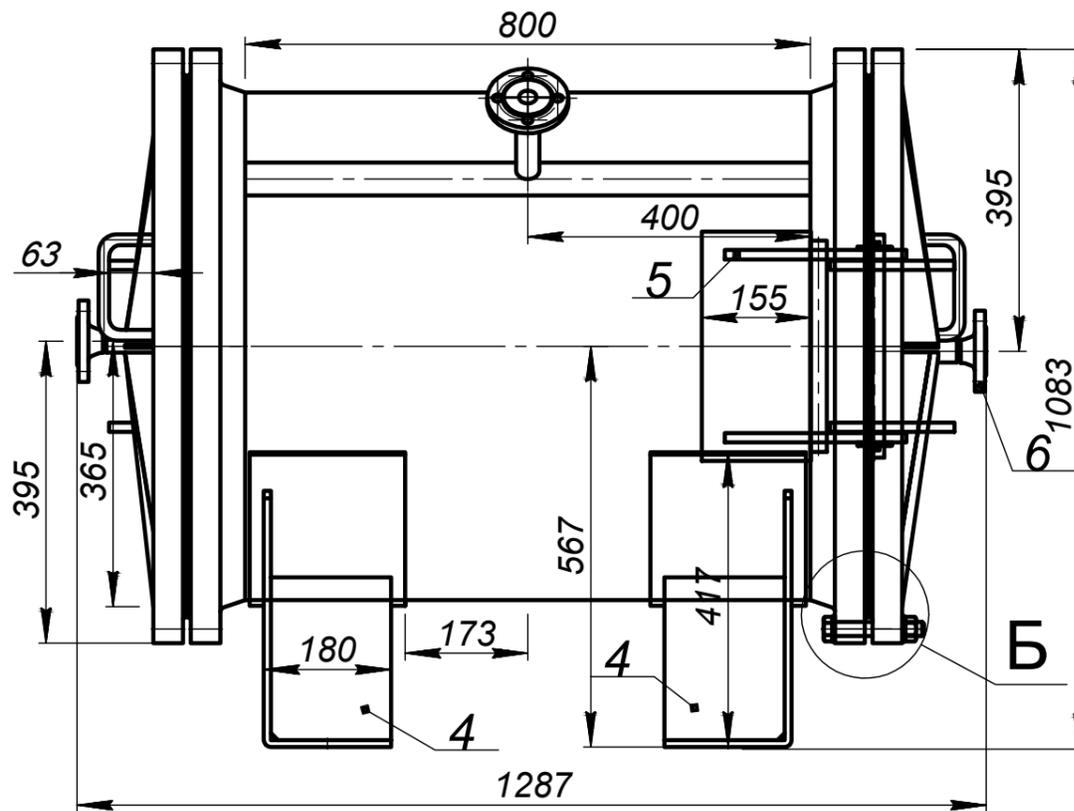
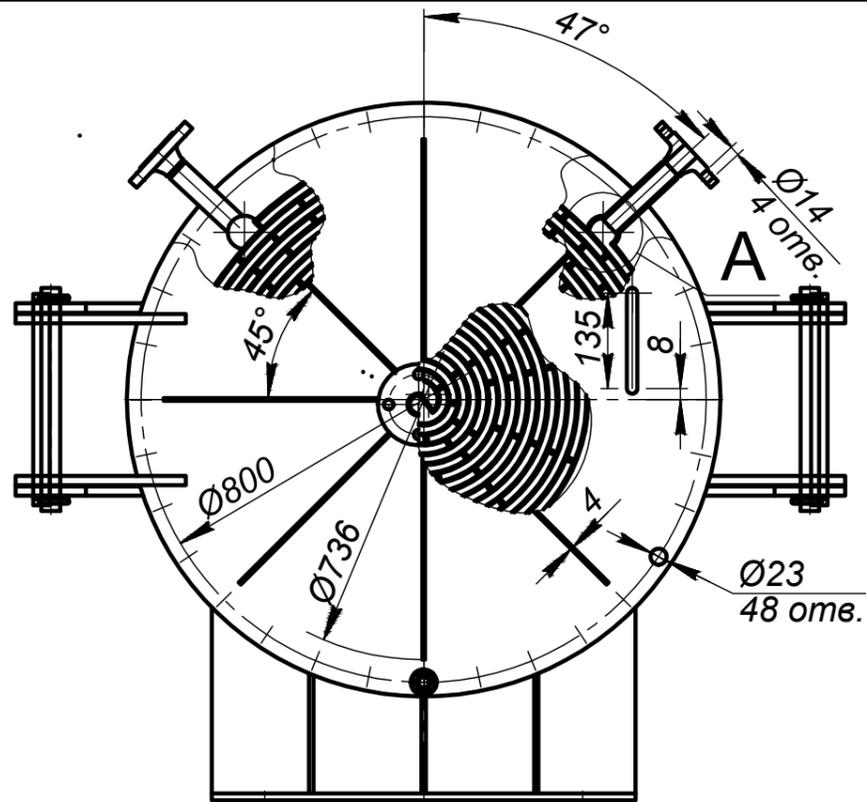
КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОВІДДАЧІ ДО СУБСТРАТУ ЗА УМОВ ВИМУШЕНОЇ КОНВЕКЦІЇ

$\alpha_{\text{баз}}^{\text{експ}}$, Вт/(м²·К)



1 – СУБСТРАТ СВИНЕЙ, W = 94 %, ЗБРОДЖЕНИЙ;
2 – СУБСТРАТ СВИНЕЙ, W = 94 %, НЕ ЗБРОДЖЕНИЙ

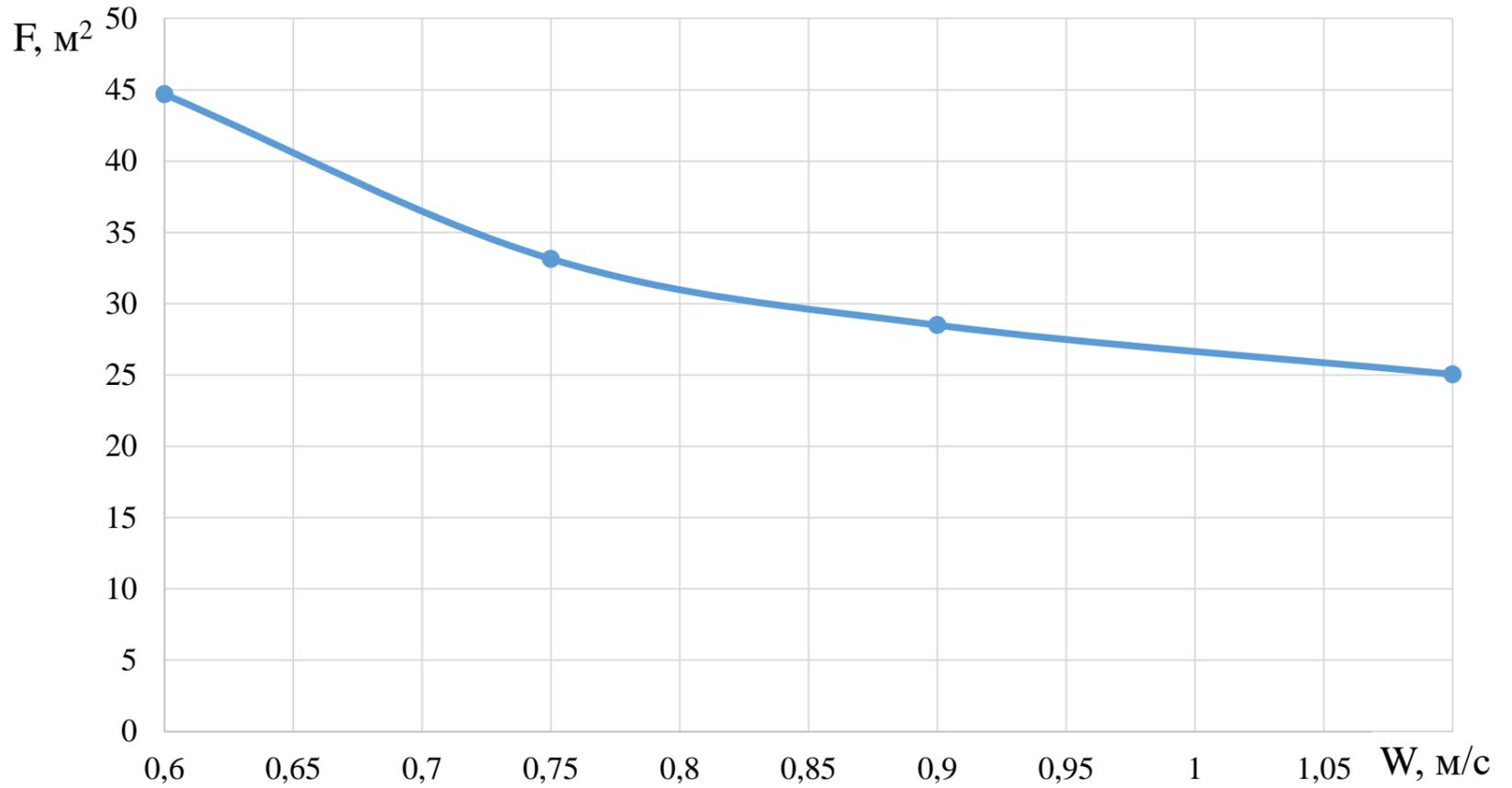
Перше застос.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
Дов. №						<u>Документація</u>			
		А3			08-11.МКР.009.00.00.000 СК	Складальне креслення			
						<u>Складальні одиниці</u>			
			1		08-11.МКР.009.01.00.000	Колектор	2		
			2		08-11.МКР.009.02.00.000	Корпус	1		
			3		08-11.МКР.009.03.00.000	Кришка	2		
			4		08-11.МКР.009.04.00.000	Опора	2		
			5		08-11.МКР.009.05.00.000	Шарнір	2		
			6		08-11.МКР.009.06.00.000	Штуцер	4		
Підп. і дата						<u>Стандартні вироби</u>			
			7			Болт М20х150 ГОСТ 7798	96		
			8			Гайка М20 ГОСТ 15521-70	96		
			9			Шайба М20 ГОСТ 11371-78	192		
Зам. інв. №						<u>Матеріали</u>			
						Пароніт ГОСТ 481-80		2,1 м ²	
Підп. і дата									
Інв. № ориг.					08-11.МКР.009.02.00.000				
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
	Розробив		Щуришин Д.В.			Теплообмінник-утилізатор спіральний	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Перевірив		Резидент Н.В.						1
	Опонент		Христич О.В.						
	Н.контр.		Резидент Н.В.						
Затв.		Степанов Д.В.							
							ВНТУ, зр. ТЕ-22м		



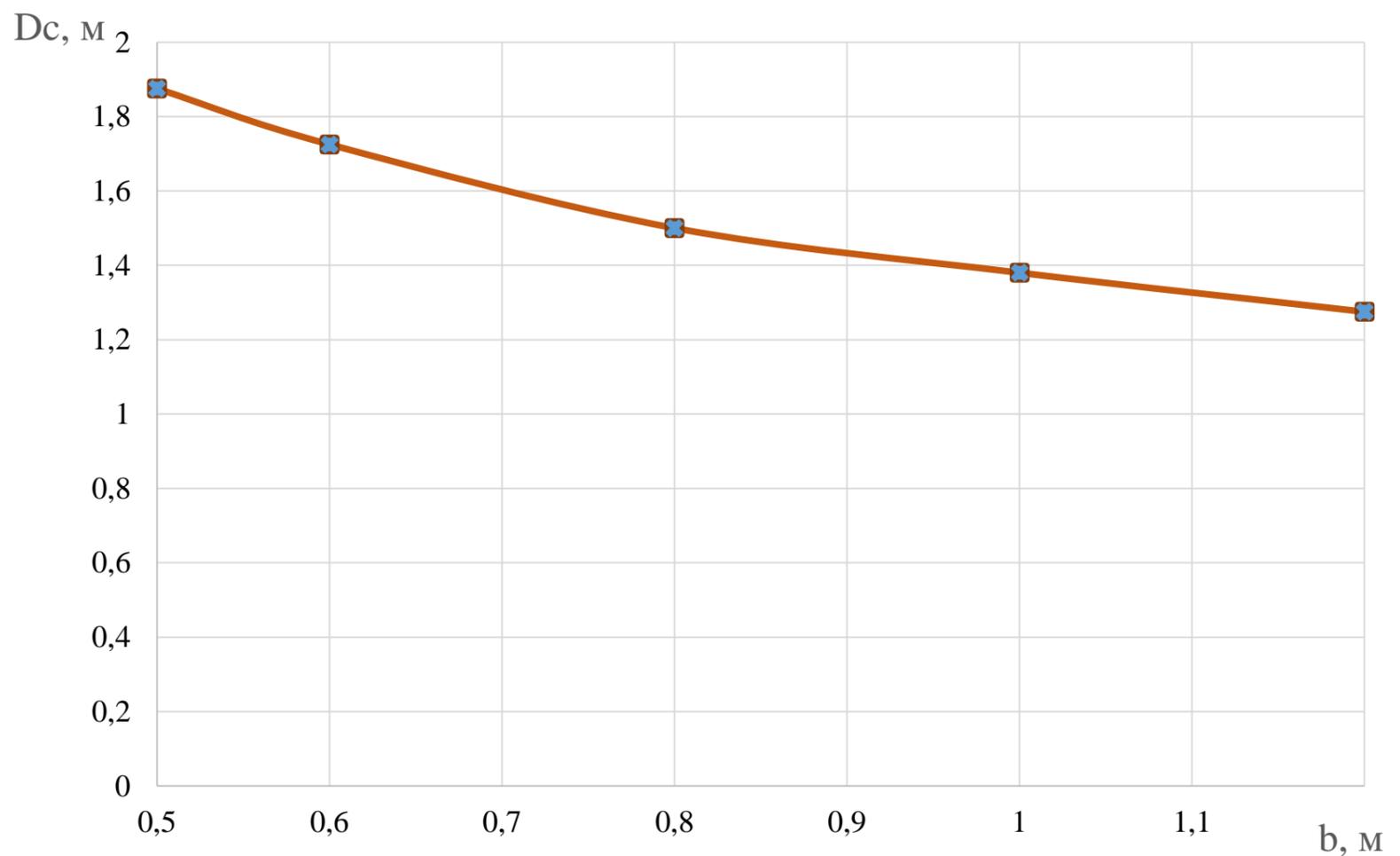
						08-11.МКР.009.02.00.000 СК			
Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Теплообмінник-утилізатор спіральний (складальне креслення)	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Щуришин Д.Р.						1
Перевірів			Резидент Н.В.						
Т.контр.			Резидент Н.В.						
Опонент			Христич О.В.						
Н.контр.			Резидент Н.В.				ВНТУ, ТЕ-22М		
Затверд.			Степанов Д.В.						

Інв. Н орг. / Підпис і дата / Замість Інв. Н

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ТЕПЛООБМІНУ ВІД ШВИДКОСТІ РУХУ СУБСТРАТУ

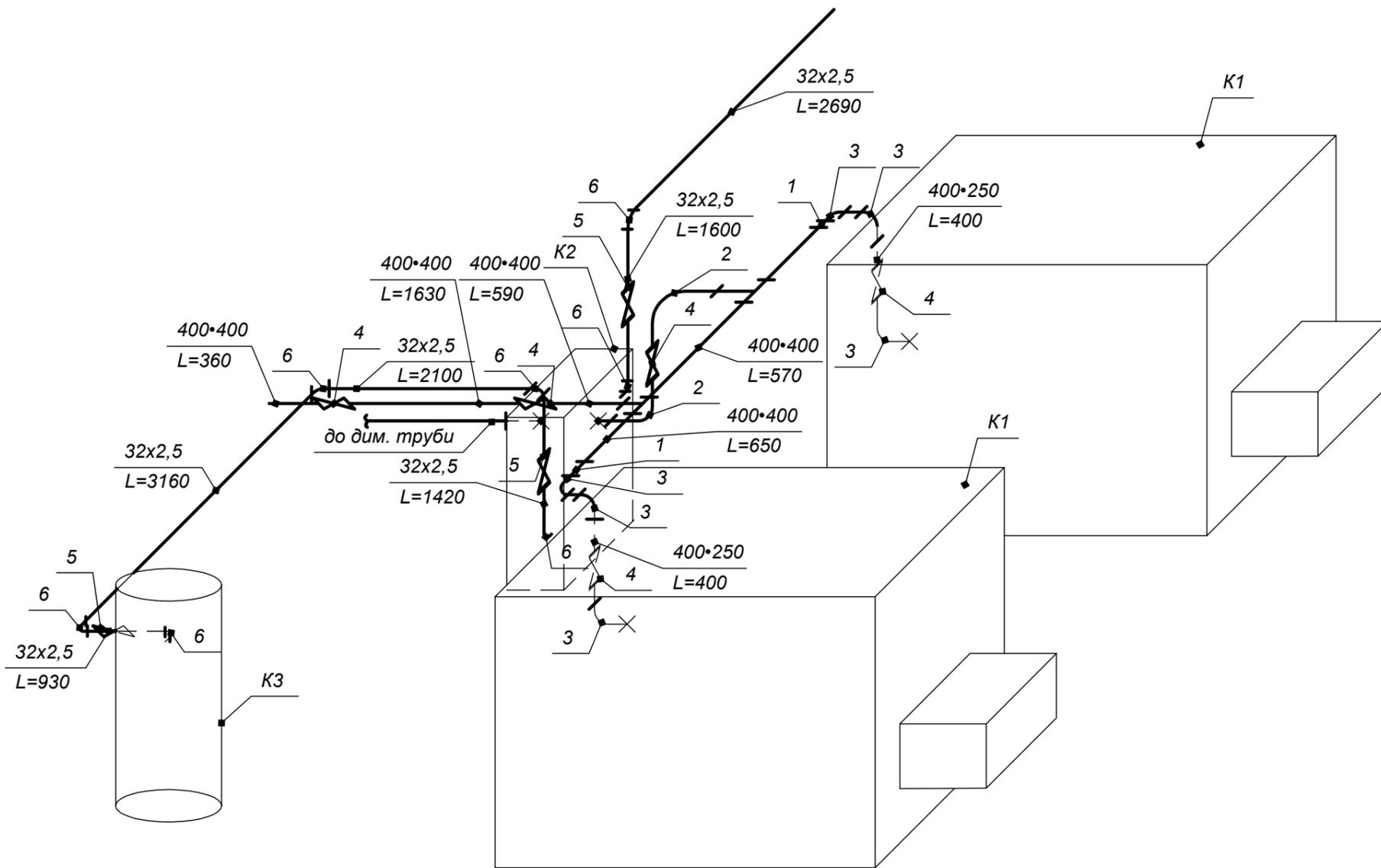


ЗАЛЕЖНІСТЬ ДІАМЕТРА СПІРАЛІ ТЕПЛООБМІННИКА ВІД ЇЇ ШИРИНИ



Перелік елементів

Поз.	Найменування	Кільк.	Прим.
K1	Котел водогрійний	2	
K2	Теплообмінник газоводяний	1	
K3	Бак збору конденсату	1	
1	Перехід 400x250 товщиною 2 мм	2	
2	Поворот на 90 400x400 товщиною 2 мм	3	
3	Поворот на 90 400x250 товщиною 2 мм	6	
4	Шибер	4	
5	Кран шаровий $du = 32$	3	
6	Поворот на 90 32x3 мм	7	

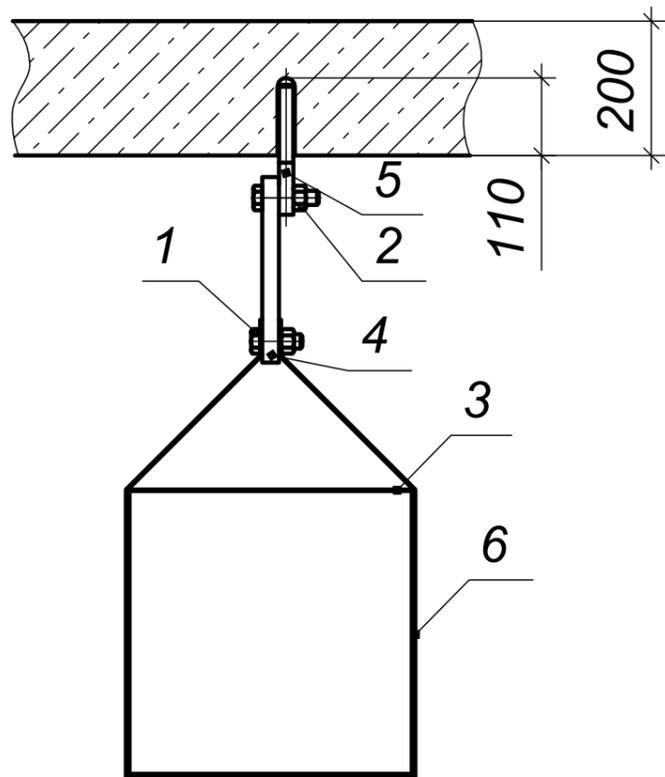


						08-15.МКР.009.03.00.000 АР			
						с. Рожична			
Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Енергозабезпечення ТОВ «Серволюкс-Генетик» з використанням технології отримання біогазу	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Щуришин Д.Р.					1
Перевірив				Резидент Н.В.					
Т.контр.				Резидент Н.В.					
Опонент				Христич О.В.					
Н.контр.				Резидент Н.В.		Аксонетрична схема монтажу газоходів	ВНТУ, ТЕ-22М		
Затверд.				Степанов Д.В.					

Інв. N ориг.
 Підпис і дата
 Замість Інв. N

№ П/П	Найменування робіт	Обин. вим.	Об'єми	Норма часу люд/год	Трудо-міст-кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива-лість	2015												
									Квітень												
									6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
1	Доставлення деталей до місць монтажу та їх складування	т	2,06369	4,4	1,135	Робітник, водій	3	0,378	3*0,378												
2	Монтаж газо - водяного теплообмінника	шт	1	15,88	1,985	Монтажник 5, 3 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1	0,661	3*0,661												
3	Монтаж пластинчасто - ребристого теплообмінника	шт	1	8,28	1,035	Монтажник 5, 3 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1	0,345		3*0,345											
4	Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,119	1,6	0,0238	Слюсар 4, 1 розряд	2	0,0119		2*0,0119											
5	Розмітка місць прокладання коробів	100м	0,23125	1,6	0,0462	Слюсар 4 розряду	2	0,0231		2*0,0231											
6	Прокладання трубопроводів діаметром 32*3	т	0,025585	584	1,867	Монтажник 5, 3 розряд	4р-1; 3р-1	0,9338		2*0,9338											
7	Встановлення запірно-регулювальної арматури 32 мм	10 шт	0,3	48	1,8	Слюсар 3,5 розряд	4р-1; 3р-2	0,6			3*0,6										
8	Ізоляція трубопроводу діаметром 32*3 мм.	10 м	1,19	3,36	0,4999	Ізолювальник 2,5 розряду	3р-1; 2р-1	0,2499		2*0,2499											
9	Прокладання коробів 400*400 товщиною 2мм	100 м ²	0,2	157,59	3,939	Монтажник 4, 1 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1; 2р-1	0,984		4*0,984											
10	Прокладання коробів 400*400 товщиною 0,7мм	100 м ²	0,28496	207,4	7,3805	Монтажник 4, 1 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1; 2р-1	1,845		4*1,845											
11	Прокладання коробів 400*250 товщиною 2 мм	100 м ²	0,0104	173,4	0,225	Монтажник 4, 1 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1; 2р-1	0,0562				4*0,0562									
12	Прокладання коробів 400*250 товщиною 0,7 мм	100 м ²	0,06714	207,4	1,74	Монтажник 4, 1 розряд	5р-1; 4р-1; 3р-1; 2р-1	0,435				4*0,435									
13	Встановлення решітки	шт	1	1,82	0,2275	Монтажник 4, 1 розряд	4р-1; 3р-2	0,0758				3*0,0758									
14	Встановлення вентилятора	шт	1	10,2	1,275	Слюсар 4, 1 розряд	5р-1; 3р-2	0,425				2*0,425									
15	Встановлення запірно-регулювальної арматури	шт	10	2,01	2,5125	Слюсар 4, 1 розряд	4р-1; 3р-1	1,2562				2*1,265									
16	Ізоляція коробів	10 м ²	5,625	9,44	6,637	Ізолювальник 2,5 розряду	3р-1; 2р-1	3,318						2*3,318							
17	Перше робоче випробування окремих частин.	100 м	0,35025	5,4	0,2364	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4р-1; 3р-1	0,118												2*0,118	
18	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	0,35025	2,9	0,127	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4р-1; 3р-1	0,0634												2*0,0634	
19	Кінцева перевірка і здача в експлуатацію системи	100 м	0,35025	2,4	0,105	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4р-1; 3р-1	0,0525												2*0,0525	
20	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,33565	2,6	0,115	Робітник, водій	2	0,0578												2*0,0578	

Кріплення коробів



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ

РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од. виміру
1	Qзаг.	Qi	32,3	люд/дні
2	Tзаг.	-	12	дні
3	Rmax	-	4	люд
4	Rсер	Qзаг. /Tзаг.	2,7	люд
5	Tвст.	-	7,6	дні
6	±1	Rсер /Rmax	0,675	-
7	±2	Tвст. /Tзаг.	0,63	-

Перелік елементів

Позн.	Найменування	Кільк.	Прим.
1	Болт М14х40 ГОСТ 7798-70	2	
2	Гайка М14 ГОСТ 5915-70	2	
3	Короб	1	
4	Підвіска	1	
5	Тяга	1	
6	Хомут	1	



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

Обладнання	0,378	1,538	3,32	1,265	0,0578
MAN LE 185 2002					
KIND MIG-300					
Makita GA 5090		0,938			
ЛЕЦ - 1	0,661		3,32	1,265	

08-15.МКР.009.04.00.000 АР

с. Рожична

Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив				Щуришин Д.Р.	
Перевірів				Резидент Н.В.	
Т.контр.				Резидент Н.В.	
Опонент				Христин О.В.	
Н.контр.				Резидент Н.В.	
Затверд.				Степанов Д.В.	

Енергозабезпечення ТОВ «Серволукс-Генетик» з використанням технології отримання біогазу

Календарний план монтажу системи утилізації теплоти відхідних газів

Стадія	Аркуш	Аркушів
		1

ВНТУ, ТЕ-22М

Замість Інв. N

Підпис і дата

Інв. N ориг.