

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики

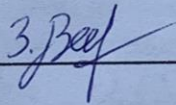
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в
теплотехнологічних процесах»**

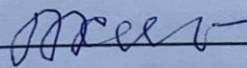
Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-22 м
спеціальності 144 – «Теплоенергетика»
(шифр і назва спеціальності)



Задоян В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д. т. н., професор

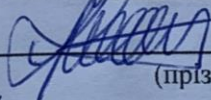


Ткаченко С. Й.

(прізвище та ініціали)

«11» 12 2023 р.

Опонент: к. т. н., доцент, каф. БМГА




Христич О. В.

(прізвище та ініціали)

«11» 12 2023 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТЕ


К.т.н., доц. Степанов Д. В.

(прізвище та ініціали)

«5» 12 2023 р.

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



Степанов Д.В.

« 22 » 09 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Задояну Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах»

керівник роботи Ткаченко Станіслав Йосипович, д. т. н., професор,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247.

2. Термін подання студентом роботи 11.12.2023

3. Вхідні дані до роботи: висота більшої посудини – 0,139 м, радіус більшої посудини – 0,099 м, висота меншої посудини – 0,1195 м, зовнішній радіус меншої посудини – 0,05 м, внутрішній радіус меншої посудини – 0,0497 м, рівень рідини – 0,1 м, внутрішня ізоляція для меншої посудини товщина – 0,0025 м, а діаметр – 0,1 м, тривалість встановлення режиму не перевищує 15 хвилин.

4. Зміст текстової частини: аналітичний огляд літератури; регулярний тепловий режим в експериментальній установці; дослідження інтенсивності теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation; розробка технології монтажу обладнання котельні та схеми автоматизації експериментальної установки; техніко-економічні показники проектних рішень.

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

План котельні з розташуванням обладнання та трубопроводів; схема монтажна аксонометрична; календарний план монтажу обладнання котельні на біогазі; функціональна схема автоматизації експериментальної установки; результати дослідження показників інтенсивності теплообміну при нагріванні в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation; результати дослідження показників інтенсивності теплообміну при охолодженні в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Кобилянська І. М., доцент кафедри БЖДПБ		
ТЕП	Лялюк О.Г., доцент кафедри БМГА		
Інші розділи	Ткаченко С.Й., д.т.н., професор	 22.09.2023	 11.12.2023

7. Дата видачі завдання 22.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної	22.09.23...09.10.23	виконано
2	Регулярний тепловий режим в експериментальній установці	10.10.23...27.10.23	виконано
3	Дослідження інтенсивності теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation	28.10.23...10.11.23	виконано
4	Розробка технології монтажу обладнання котельні та схеми автоматизації експериментальної установки	11.11.23...24.11.23	виконано
5	Охорона праці	25.11.23...01.12.23	век
6	Техніко-економічні показники проектних рішень	02.12.23...05.12.23	век
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	06.12.23...10.12.23	век
8	Попередній захист МКР	11.12.23...13.12.23	век
9	Захист МКР	14.12.23...21.12.23	век

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Задоян В.О.
(прізвище та ініціали)

Ткаченко С.Й.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 620.9

Задоян В. О. Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця ВНТУ, 2023 98 с.

Бібліогр.: 67 назв; рис.: 15; табл.. 23.

В дипломній роботі досліджено нестационарний теплообмін в системі «дослідна рідина – тонка металева циліндрична посудина – модельна рідина» в умовах нагрівання та охолодження кислого молока. Досліджено темп охолодження (нагрівання) кислого молока окремо для п'яти термопар, розташованих на різній висоті експериментального зонда. Виконано дослідження інтенсивності теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation. Порівняно результати програми та значення з експерименту.

Підібрано запірну арматуру до теплообмінників котельні, що працює на біогазі. Підібрали усі необхідні для монтажу матеріали та розрахували їх кількість за нормативними документами. Розроблено функціональну схему автоматизації дослідної установки, підготовлено схему вимірювання температури двох середовищ та навколишнього простору. Забезпечено повну автоматизацію управління під час експерименту. Ілюстративна частина містить шість аркушів формату А3.

Розглянуто потенційні небезпеки та заходи захисту від них під час виконання робіт у лабораторії.

Ключові слова: регулярний тепловий режим, експериментально-розрахунковий метод, темп охолодження (нагрівання), багатофазне середовище, біогаз.

ABSTRACT

Zadoian V. O. Ways to Address Challenges in the Production and Utilization of Biogas in Thermal Technological Processes. Master's qualification thesis in specialty 144 – heat power engineering, educational program – heat power engineering. Vinnytsia VNTU, 2023. 98 p.

In Ukrainian language. Bibliogr .: 67 titles; fig .: 15; table 23.

The diploma thesis investigates non stationary heat transfer in the system «test liquid – thin metal cylindrical vessel – model liquid» under conditions of heating and cooling sour milk. The cooling (heating) rate of sour milk was studied separately for five thermocouples located at different heights of the experimental probe. An investigation of heat exchange intensity was conducted in the experimental setup using the SolidWorks Flow Simulation CFD package. The results of the program were compared with experimental values.

The shut-off valves for the boilers' heat exchangers operating on biogas have been selected. All necessary materials for installation have been chosen, and their quantities have been calculated in accordance with regulatory documents. A functional automation scheme for the experimental setup has been developed, and a temperature measurement scheme for two media and the surrounding space has been prepared. Full automation of control during the experiment has been implemented. The illustrative section comprises six sheets in A3 format.

Potential hazards and protective measures during laboratory work have been examined.

Keywords: regular thermal regime, experimental-computational method, cooling rate (heating), multiphase medium, biogas.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	5
1.1 Аналіз біогазових технологій	5
1.2 Використання експериментально-розрахункового методу і огляд багатofазних середовищ	7
1.3 Висновки до розділу	11
2 РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ	12
2.1 Експериментальна установка та емпірично-аналітичний метод	12
2.2 Дослідження модельної рідини при нагріванні та охолодженні	14
2.3 Висновки до розділу	17
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ CFD-ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION	18
3.1 Експериментальна установка у системі емпірично-аналітичного методу	18
3.2 Результати дослідження в SolidWorks модулі Flow Simulation	27
3.4 Висновки до розділу	33
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНІ ТА СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	34
4.1 Аналіз об'єкту та вибір основного обладнання системи теплопостачання	34
4.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів	36
4.3 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт. Визначення складу і об'ємів робіт	44
4.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань та складу ланок для монтажних робіт	51
4.6 Функціональна схема автоматизації експериментальної установки .	61
4.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	68
4.6 Висновки до розділу	77
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ...	79
5.1 Кошторисні документи	79
5.2 Загальні техніко-економічні показники	89
5.3 Висновки до розділу	89
ВИСНОВКИ	90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	92
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	99
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання .	Error! Bookmark not defined.
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Актуальність теми. Споживання викопних палив останніми десятиліттями лише зростають. Розуміючи, що паливних ресурсів обмежена кількість, а час їхнього відновлення велика. Постає питання пошуку альтернативних джерел енергії. Одним з таких джерел енергії є біогаз, продукт анаеробного бродіння, який можна спалювати для виробництва тепла у котельні є актуальним.

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

Мета роботи. Визначення теплофізичних властивостей субстрату за допомогою експериментально-розрахункового методу для розробки теплотехнологічних процесів вироблення біогазу.

Кваліфікаційною роботою поставлено такі *завдання роботи*: проаналізувати інформацію щодо експериментально-розрахункового методу, біогазових технологій та багатофазних середовищ; дослідити на експериментальному стенді модельну рідину (кисле молоко) при нагріванні та охолодженні; дослідити інтенсивність теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation; порівняти результати отримані з експериментальної установки та дослідження в SolidWorks; розробити технологію монтажу обладнання котельні та схеми автоматизації експериментальної установки; розробити заходи для покращення умов праці; розробити заходи захисту в надзвичайних ситуаціях; розрахувати техніко-економічні показники проєктних рішень.

Об'єкт дослідження. Теплообмін в елементах біогазової технології.

Предмет дослідження. Регулярний тепловий режим в теплообмінних процесах біогазової технології.

Новизна одержаних результатів. Отримали подальший розвиток експериментально-розрахунковий метода для визначення теплофізичних властивостей в однофазних багатокомпонентних речовинах.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати роботи доповідались на Міжнародних науково-технічних конференціях – «XLVIII Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання», 2019;

«XLIX Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання», 2020;

«Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», 2021;

«Інноваційні технології в будівництві», 2020;

«L Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання», 2021;

«Енергоефективність в галузях економіки України», 2021;

«LI Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії», 2022;

«Інноваційні технології в будівництві», 2022.

Публікація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Результати роботи опубліковані в матеріалах конференцій [1-9].

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Аналіз біогазових технологій

Дослідження показує, що системи теплопостачання зможуть забезпечувати достатню кількість тепла, яке потрібно, за допомогою спалювання природних матеріалів [10].

У сучасних розвинених країнах основна частина викопних палив витрачається на вироблення як електричної енергії та і теплової [10].

Використання звичних енергетичних ресурсів дозволили підвищити виробництво електричної енергії, проте не відбулося поліпшення стану навколишнього середовища. Виникає термічне, хімічне та радіоактивне забруднення, що призводить до погіршення умов життя. Методи якими зараз керуються при виробництві енергоресурсів, аж ніяк не йде на користь екології й тому зараз прослідковується тенденція на зменшення традиційної енергетики на це є дві причини. Перша швидке зменшення природних ресурсів, друга забруднення навколишнього середовища.

За розрахунками ООН, прогнозується, що запаси вугілля можуть закінчитися між 2082-2500 роками. Враховуючи ці прогнози, ми повинні знайти розумні способи використання звичних енергоресурсів, а також зосередитися на розвитку науково-технічної бази та технологій, що будуть розвивати нетрадиційну й відновлювальну енергетику [11].

Глобальний інтерес до отримання енергії з органічних речовин, відходів сільського господарства зумовлений зменшенням кількості невідновлювальних палив та зростання їх вартості на ринку, а також екологічні проблеми, що спричинені спалюванням цих палив

Згідно з науковими прогнозами, найбільш поширеним джерелом отримання енергії з відновлювальних ресурсів буде біомаса.

Інтенсивність анаеробного бродіння більшою мірою залежить від встановленого температурного режиму метантенка. До прикладу, при використанні метантенка при температурі 32-35 °C у мезофільному режимі,

допустиме коливання температур може становити 3 °С, при термотолерантному 39-42 °С – коливання температур становити 3 °С, а при термофільному режимі 52-54 °С – коливання температури становить 2 °С [12]. Отже, для забезпечення ефективного режиму роботи установки необхідно підтримувати сталу температури під час анаеробного бродіння та для її утримання на потрібному рівні, потрібно підігрівати субстрат, який поступає на анаеробну обробку, до температури, близької до температури бродіння, і забезпечити додаткове обігрівання для компенсації втрат теплоти.

На сьогодні застосовуються різні методи для забезпечення потрібного температурного режиму в біогазових установках. Їх можна умовно поділити на 4 групи: підігрів за допомогою вбудованих у метантенк теплообмінників; підігрів через поверхню метантенка; контактний нагрів субстрату; підігрів у зовнішніх теплообмінниках.

У малих та середніх реакторах, які зазвичай мають пристрої для перемішування, широко використовуються теплообмінники, які встановлені всередині метантенка. Вони використовують труби, стрижні, нагрівальні циліндри, плоскі теплообмінники тощо, як нагрівальні елементи, через які циркулює теплоносій.

Одним з недоліків підігріву субстрату через внутрішні теплообмінники та поверхню метантенка є те, що для забезпечення необхідної сталої теплопередачі температура теплоносія не може перевищувати температурний режим бродіння. який циркулює в нагрівальних елементах, не повинна перевищувати 50-60 °С. Проте, навіть у такому випадку, швидкість руху субстрату навколо нагрівача може бути доволі низькою, що може спричинити прилипання твердих частинок субстрату на поверхні теплообміну. Це може призводити до поступового утворення нальоту на теплообмінних поверхнях і, відповідно, погіршення ефективності теплопередачі.

У переважній більшості випадків, для виконання ремонтних робіт або обслуговування теплообмінників, необхідно виводити з експлуатації метантенк і призупиняти процес на тривалий період [11].

До недоліків даної системи можна віднести їхню порівняльну складність і вищі капітальні витрати на устаткування. Коефіцієнт корисної дії таких систем зазвичай нижчий, оскільки тепло передається лише з одного боку стінки, а інше втрачається в навколишнє середовище. Внаслідок цього, для збереження тепла метантенк повинен мати з більшою товщиною теплоізоляції, що призводить до збільшення капіталовкладень в установку.

Для підігріву субстрату можна використовувати зовнішні теплообмінники. У цьому методі, субстрат примусово циркулює через зазначені теплообмінники. Зазвичай використовують пластинчасті або теплообмінники типу «труба в трубі». В якості теплоносія використовується нагріта вода, яку зазвичай нагрівають в котлах [11].

Циркуляція субстрату через теплообмінник не забирає небезпеки прилипання твердих частинок тому для уникнення подібних ситуацій забезпечується перемішування оброблюваного субстрату в метантенку. Швидкість руху субстрату за температури 60-80 °C повинна бути в межах 0,8-1,5 м/с [10, 11, 13].

1.2 Використання експериментально-розрахункового методу і огляд багатофазних середовищ

Експериментально-розрахунковий метод (ЕРМ) – це спосіб передбачення, як швидко тепло передається у рідинах, коли у нас обмежена інформація про їх теплофізичні властивості [10].

ЕРМ має дві частини – експериментальну та розрахункову. У експериментальній частині проводиться базовий експеримент із рідиною, для якої інформація про теплофізичні властивості обмежена. У розрахунковій частині використовується алгоритм розрахунку з використанням критеріальних рівнянь. Структуризація критеріального рівняння необхідна для формування комплексу фізичних властивостей рідкого середовища і приведення рівняння до зручної форми [12].

В елементах дослідного стенду ЕРМ визначається, наскільки ефективно відбувається тепловіддача для складних середовищ. Проводяться вимірювання на рідинах з уже відомими теплофізичними властивостями, для таких як вода, цукровий розчин (з різною концентрацією) та соняшниковою олією в тексті ці рідини називають «модельними рідинами». Також уточнюються критеріальні рівняння, які описують закономірності теплообміну в елементах базового дослідного стенду з використанням цих «модельних рідин».

В ЕРМ використовується поєднання багатоваріантних експериментальних дослідів реальної рідини у портативній установці та особливих алгоритмів обчислень [10, 14-16].

Експериментальне вивчення реологічних характеристик субстратів з якими мається справа, при дослідженні в'язких властивостей, таких як ефективна в'язкість, вимірювання температур у широкому діапазоні дотичне напруження, швидкостей, представляє собою складний і трудомісткий процес [17].

Розробка більш високотехнологічного та вдосконаленого біотехнологічного обладнання має залежність від різноманітних чинників, серед яких є розуміння теплофізичних властивостей субстратів. Це дозволяє здійснювати розрахунки та правильно обирати обладнання. На сьогодні інформація про реологічні характеристики субстратів частково або повністю відсутня. Реологічні властивості субстратів є важливими для визначення таких характеристик: геометричних, кінематичних, динамічних, а також конструктивних та інших параметрів обладнання. Розуміння закономірностей зміни цих характеристик дозволяє впливати не лише на структуру, а й на якість субстрату шляхом додавання води. Субстрати – це складні багатокомпонентні та багатофазні колоїдні системи, які мають внутрішню структуру та специфічні фізико-хімічні властивості [10, 17].

Використання субстратів на біогазових установках включає теплові і механічні процеси, такі як нагрівання, охолодження, перемішування,

транспортування по трубопроводах, перекачування насосами та інші обробки.

Впродовж цих процесів може відбуватися руйнування дисперсної системи, що призводить до зміни структурно-механічних властивостей. Ці зміни мають можливість значно вплинути на роботу біотехнологічного обладнання.

Для успішного вирішення проблем інтенсифікації, автоматизації і оптимізації технологічних процесів у біогазових технологіях необхідно мати знання про реологічні властивості субстратів і закономірності їх зміни.

Знання реологічних властивостей субстратів та закономірності за якими змінюються ці властивості є головними для вирішення проблем автоматизації, інтенсифікації технологічних процесів біогазових технологій

У біогазових технологіях важливо здійснювати інтенсифікацію гідродинамічних та теплових процесів. Це сприяє підвищенню продуктивності технологічного обладнання, скороченню часу перебування субстрату в реакторі, а також збільшенню виходу та якості біогазу.

Отже, завдяки покращенню гідродинамічних та теплових процесів у ємнісному обладнанні з перемішуванням багатофазних грубодисперсних колоїдних середовищ на водній основі, стає можливим створення ефективного біотехнологічного обладнання.

Використання змішувальних пристроїв в біотехнологічному обладнанні є особливо ефективним при різних виданнях теплової обробки субстратів. Це пояснюється тим, що перемішування субстрату в ємності допомагає зменшити товщину шару, що прилягає до стінок ємності, що в свою чергу значно впливає на процес теплообміну [17].

Виробництво біогазу це є перспективним напрямком для України у сфері відновлювальної (зеленої) енергетики. Цей вид енергоресурсу можна отримувати на біогазових станціях, які розташовані біля водостічних станцій, місць утилізації органічних відходів і агропідприємств. Також його можна транспортувати для використання на великих та енергоємних

промислових підприємствах в Україні, зокрема у металургійній галузі. Зауважимо, що виробництво біогазу стрімко розвивається в країнах Європейського Союзу і має перспективи і в Україні. Це особливо актуально для країни з високим рівнем енергоспоживання, критичною залежністю від нестабільних зовнішніх поставок, а також у тенденції до збільшення цін енергоносіїв для всіх категорій споживачів [18].

Україна має значний потенціал для виробництва біогазу, отриманого з різних джерел, серед яких є сільське господарство, харчова промисловість, сміттєві звалища, стічні води та промислові підприємства. Цей потенціал оцінюється на рівні 3,2 мільярдів кубометрів на рік у метанеквіваленті [18]. Окрім цього, ще 3,3 мільярда кубометрів можна отримати шляхом вирощування енергетичних культур на обмежених площах. На жаль, на сьогодні в Україні не існує прикладів виробництва біогазу для промисловості, хоча ці технології успішно використовуються в розвинених країнах світу.

Використання біогазових технологій в Україні потребує уважної оптимізації, оскільки ефективність їх застосування залежить від багатьох факторів. До прикладу, при виробленні чи використанні біогазу для прямого спалювання для теплового режиму чи для виробництва електроенергії, слід враховувати особливості обладнання, режими роботи обладнання та якість газової суміші. Важливо прагнути використовувати енергію біогазу максимально ефективно, враховуючи різноманітні умови та вимоги конкретного підприємства. Наприклад, використання біогазу для виробництва тепла з низькою температурою може бути неефективним, оскільки таку енергію можна отримати із інших джерел, таких як сонячні колектори або залишкова (відхідна) теплота від роботи обладнання [18].

Отже, в Україні надзвичайно важливо розвивати біогазові технології та впроваджувати їх у промисловість. Цей напрямок може стати основою для нової програми ресурсозбереження та енергоефективності, що є ключовим для подальшого розвитку держави в сучасних умовах. Для біогазових

технологій є вкрай важливим збільшення ефективності на усіх процесах виробництва при використанні потенціалу органічних відходів. Ці технології можуть стати передовими українськими рішеннями та допомогти зменшити енергетичну залежність від традиційних джерел енергії. Собівартість біогазу при використанні є ключовим фактором для його успішності. Собівартість може у залежності від вартості методів очищення, які зазвичай додають від 20 % до 100% до початкової ціни [10, 18].

1.3 Висновки до розділу

Проведений аналіз літератури щодо вироблення біогазу, експериментально розрахункового методу, багатофазних середовищ та проблем вироблення біогазу інформація дозволяє поставити такі задачі для роботи:

Дослідити модельну рідину при охолодженні, а також дослідити інтенсивність теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation та розробити технологію монтажу обладнання котельні на біогазі.

2 РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

2.1 Експериментальна установка та емпірично-аналітичний метод

ООН рекомендує будувати ланцюги споживання підприємств за принципом, що відходи першого підприємства є сировиною для другого, а відходи другого є сировиною уже для наступного – такий принцип дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище [19]. У реакторі біогазової установки робочим середовищем являється рідка суміш з органічних відходів та неоднорідна. Також ця суміш може бути багатофазним та багатокомпонентною системою, що являє собою складну рідинну суміш [19]. Стенди для дослідження теплообміну в технологічному обладнанні характеризувалися високою вартістю, великою кількістю часу для проведення експерименту та їхніми розмірами [20, 21]. Автором [10] представлено інший спосіб передбачення інтенсивності теплообміну. Далі в роботі цей метод називається «експериментально-розрахунковий метод» (ЕРМ).

Дослідження складних середовищ із реальних технологічних процесів, проводиться на експериментальному стенді, обробка результатів передбачає їхню обробку з допомогою ЕРМ. Для налагодження методики проводиться дослідження на цукровому розчині, олії з відомими теплофізичними властивостями. Такі рідини називаються «модельні рідини». Уточнюються критеріальні рівняння для теплообміну в елементах дослідного стенду з використанням «модельних рідини» [12, 22]. Необхідне надалі вдосконалювати методи аналізу результатів при використанні «модельних рідини» при вивченні складних середовищ.

Опис та принцип дії установки. Експериментальна установка продемонстрована на рисунку 2.1 [23].

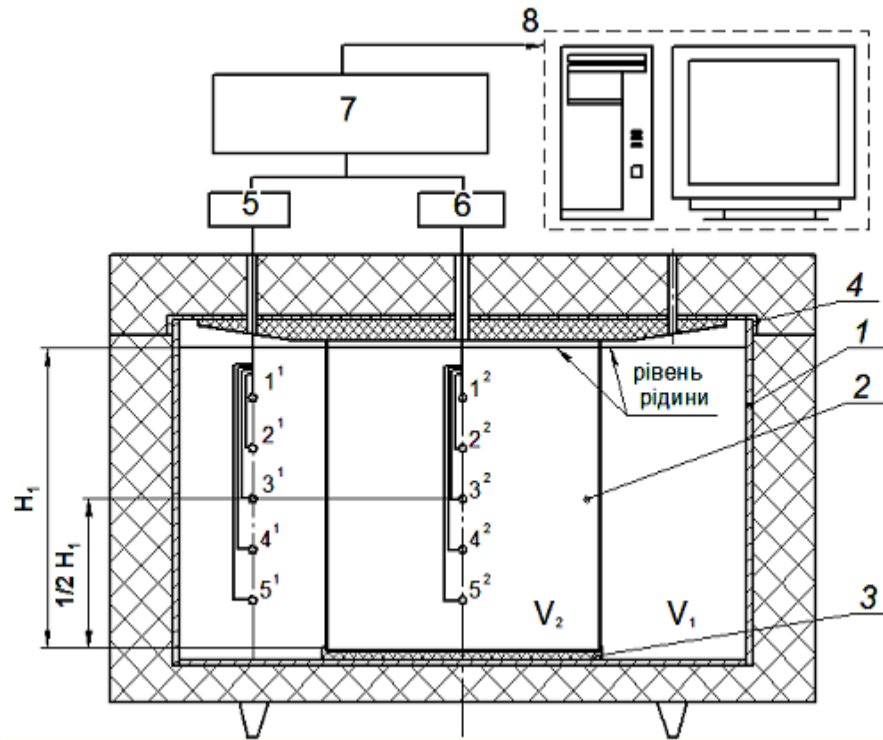


Рисунок 2.1 – Експериментальна установка:

1–зовнішня посудина; 2–внутрішня циліндрична посудина; 3–теплоізоляційна підставка; 4–кришка; 5, 6–пристрій обробки аналогових сигналів, що перетворює сигнал на цифровий від двох термозондів грійного теплоносія 5 і модельної рідини 6; 7–пристрій миттєвого фіксування показів (фотокамера); 8–трансляція результатів на ЕОМ

Під час проведення досліду в дослідній установці відбувається вільна конвекція біля стінки об'єму V_1 і V_2 . Теплообмінник складається з трьох основних елементів. Зовнішня металева ємність 1 – з циліндричною стінкою, що утеплена зовні ізоляційним матеріалом. Циліндричної ємності 2 з тонкою стінкою й з кришки 4, що також вкрита ізоляційним матеріалом.

Посудина 2 розташована всередині посудини 1 у вигляді коаксіальних шарів і прикріплена до нерухокої теплоізоляційної підставки 3, яка має три шари. Ключовими елементами стенду являються дві робочі ємності (камери) – із зовнішнім об'ємом V_1 та внутрішнім об'ємом V_2 . Зовнішній об'єм у 2,95 рази більший за внутрішній.

Вимірювання температури в установці відбувається в п'яти точках $1^1 \dots 5^1$ об'єму (навколишнього середовища) V_1 і п'яти точках $1^2 \dots 5^2$ об'єму (модельної рідини) V_2 , що рівномірно розподілені по поверхні теплообміну (рис. 2.1). Фіксування температур проводилось одночасно у десяти точках, інформація експерименту фіксується та переноситься за допомогою спеціального програмного забезпечення.

2.2 Дослідження модельної рідини при нагріванні та охолодженні

Вивчаючи регулярний тепловий режим (РТР), якому властива система типу «навколишнє середовище (V_1) – тверде тіло (V_2)» при нестационарному температурному режимі, існує можливість за допомогою методу РТР прогнозувати інтенсивність теплообміну та визначати тепловіддачу в системі «навколишнє середовище – тонка металева циліндрична посудина – модельна рідина» [10], досліджено на експериментальній установці [1].

На стенді отримані дані для обробки їх за допомогою експериментально-розрахункового методу (ЕРМ). Стенд (дослідна установка), входить до апаратури, що прогнозує інтенсивності теплообміну в багатофазних рідких системах за допомогою ЕРМ [12, 24, 25]. В експериментальній установці є система, що має два компонента навколишнє середовище та Тіло II. У зовнішню ємність налита вода з температурою T_1 . У внутрішній циліндричній посудині «модельна рідина», яка має температуру T_2 . В ході експерименту фіксація температури проводилася у десяти точках за допомоги термозондів. Рідини, що були досліджені: вода, кисле молоко (дві серії експериментів). Досліджено змінний теплообмін в умовах вільної конвекції для модельної рідини (кисле молоко).

Молочне виробництво відрізняється високою складністю виробничих процесів, пов'язаних з виробництвом різноманітної продукції. Теплова обробка молока включає різні режими температур для обробки продуктів у технологічних процесах.

Тому важливо глибоко вивчати гетерогенні рідкі системи біологічного походження для їх успішного використання. Інтенсивність теплообміну в молочних продуктах є перспективним напрямком для харчової промисловості при впровадженні енергоефективних технологій у галузі.

Знання теплофізичних властивостей продуктів є ключовим для раціонального використання наукових досягнень у харчовій промисловості. Це стосується їхньої поведінки при нагріванні, охолодженні, зберіганні та транспортуванні. Знання цих властивостей визначає вибір оптимального методу теплової обробки [11].

Кисломолочний продукт – це результат ферментації молока, вершків та сироватки за допомогою спеціальних заквасок. Кисле молоко виникає, коли молочні бактерії, що містяться в продукті, викликають його скисання. У цьому дослідженні використовується саме кисле молоко з його характерною густою консистенцією і кислим смаком. Цей продукт застосовується в кулінарії для приготування тіста та як напій [11].

Кисломолочні продукти відносяться до складних систем, які складаються з різних компонентів та фаз. Багатокомпонентні середовища – це гетерогенні системи, де компоненти відділені один від одного поверхнею поділу [17].

У дослідженні кисле молоко нагрівалося в дослідній установці, застосовуючи методику, описану у [12]. Було проведено дві серії експериментів тривалістю 25 та 24 хвилини. У обох випадках, вже після 1100–1200 секунд, кисле молоко розділилося на сироватку та сирну масу [9].

В роботі [4] розглядається процес охолодження (або нагрівання) твердого тіла. На початку цього процесу різниця між температурою тіла і температурою оточуючого середовища має однаковий знак. В таких умовах нестационарний процес охолодження (нагрівання) тіла може бути розбитий на два етапи: початковий етап (непостійний) та етап регулярного режиму.

Експеримент проводиться за такою схемою [12]: в металевий контейнер об'ємом 800 мл наливається дослідна суміш при температурі 10°C. Гаряча вода з температурою 80°C підливається в експериментальну установку з кільцевим

об'ємом 2500 мл. Контейнер із сумішшю поміщається в експериментальну установку, покривається ізольованою кришкою і залишається там до досягнення різниці температур $\pm 5^{\circ}\text{C}$ у обох рідинах.

Під час проведення двох серій досліджень було виявлено, що регулярний тепловий режим в кислому молоці існує як до, так і після перебудови його структури. У таблиці 2.1 наведені результати експериментів для системи «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» для води та двох серій дослідів складної суміші (кислого молока) [9].

Таблиця 2.1 – Результати експериментів

Дослід	q , кВт/м ²	$k_{\text{експ}}$, Вт/(м ² ·К)	m , (с ⁻¹)
Вода	6,1	220	0,0045
Кисле молоко I	4,9	144	0,0021 / 0,004
Кисле молоко II	4,2	-	0,0021 / 0,004

В таблиці 2.1 $m = (\ln v_1 - \ln v_2) / (\tau_1 - \tau_2) = \text{const}$ – темп охолодження модельної рідини в циліндричному об'ємі, с⁻¹; v_1, v_2 – середньооб'ємна надлишкова температура модельної рідини в циліндричному об'ємі відповідно до моменту часу τ_1, τ_2 , °С; $k_{\text{експ}}, q$ – коефіцієнт теплопередачі та густина теплового потоку через тонку металеву стінку в кільцевому каналі, відповідно Вт / (м² · К), Вт / м².

В таблиці 2.1 m наведено для кислого молока I і II лише для періоду часу поки ще не відбувається розшарування кислого молока на сироватку і частинки сирної маси та після.

Виявлено, що для води у серії дослідів експерименту темп нагріву m залишається сталим. Для кислого молока I і II, в період $\tau < (1100-1200 \text{ с})$ – $m = 0,0021 = \text{const}$, за умов $\tau > (1100-1200 \text{ с})$ темп нагріву збільшується з $m = 0,0021$ до $m = 0,004$ і залишається сталим до кінця експерименту. Кисле молоко розшаровується на сироватку і сирну масу.

2.3 Висновки до розділу

Під час охолодження досліджується закономірність теплового режиму модельної рідини. Завдяки цьому, можна удосконалити методи експериментального розрахунку для визначення інтенсивності теплообміну в складних рідких сумішах з невизначеними (невідомими) теплофізичними властивостями.

Система «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» була вивчена в умовах нестационарних теплових процесів [9].

Аналіз експериментальних даних підтвердив можливість реалізації регулярного теплового режиму в цій системі, що поліпшує надійність прогнозування інтенсивності теплообміну в складних середовищах.

Злам прямих $\ln v = f(\tau)$ вказує на початок перетворення кислого молока на двофазне середовище сироватку та сирну масу.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ CFD- ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

3.1 Експериментальна установка у системі емпірично-аналітичного методу Початкові дані. В основі дослідної установки знаходиться посудина з радіусом 0,099 м, висота 0,139 м. У центрі розташована ізоляція з товщиною 0,0025 м та діаметром 0,1 м, на якій знаходиться баночка з геометричними розмірами: висота – 0,1195 м, зовнішній радіус – 0,05 м, а внутрішній радіус 0,0497 м. Рівень рідини під час досліду – 0,1 м. Дослідження проводиться для води. Дослід триває до настання стаціонарного теплообміну, тривалість встановлення режиму для даної установки не перевищує 15 хвилин.

Методика розрахунку [28, 29]

Темп охолодження (нагрівання) m тіла визначається з рівняння, $с^{-1}$

$$m = \frac{\ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2}{\tau_1 - \tau_2} \left[с^{-1} \right], \quad (3.1)$$

де ϑ_1 та ϑ_2 – надлишкова середньооб'ємна температура рідинного середовища в циліндричній посудині.

Надлишкова середньооб'ємна температура, $^{\circ}C$

$$\vartheta = \left| \bar{T}_1 - \bar{T}_2 \right| \left[^{\circ}C \right]. \quad (3.2)$$

Надлишкова температура – це модуль різниці між середньооб'ємною температурою \bar{T}_1 води в зовнішньому середовищі і середньооб'ємною температурою \bar{T}_2 в середині малого об'єму рідини.

Середньооб'ємна температура води у зовнішньому об'ємі

$$\bar{T}_1 = (T_1' + T_1'' + T_1''' + T_1^{IV} + T_1^V) / 5 \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (3.3)$$

де $T_1' \dots T_1^V$ – локальні температури заміряні термопарами на термозонді 1 (1^1-5^1) по висоті у зовнішньому циліндрі з водою (рис. 2.1).

Середньооб'ємна температура досліджуваного рідинного середовища у циліндрі

$$\bar{T}_2 = (T_2' + T_2'' + T_2''' + T_2^{IV} + T_2^V) / 5 \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (3.4)$$

де $T_2' \dots T_2^V$ – локальні температури заміряні термопарами на термозонді 2 (1^2-5^2) у циліндрі із досліджуваним рідинним середовищем (рис. 2.1).

Питомий тепловий потік від води до тіла

$$q_1 = q_2 = \frac{M_2 \cdot C_{p2} \cdot \overline{\Delta T}_2}{F_{\text{TO}} \cdot \Delta \tau} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right], \quad (3.5)$$

де M_2 – маса тіла II, кг;

C_{p2} – осереднена питома теплоємність тіла II, $\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

F_{TO} – площа зовнішньої поверхні тонкого металевого циліндра II, м^2 ;

$\Delta \tau$ – проміжок часу, в якому проводиться дослідження, с;

$\overline{\Delta T}_2$ – різниця середньоінтегральних температур $\overline{\Delta T}_2 = \overline{T}_{1i} - \overline{T}_{2i}$. [29].

Маса холодного теплоносія

$$M_2 = V_2 \cdot \rho_2 = \pi \cdot h \cdot R_{\text{vn}}^2 \cdot \rho_2 \text{ [кг]}. \quad (3.6)$$

Площа поверхні нагріву

$$F_b = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot h \left[\text{м}^2 \right]. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт тепловіддачі за умови вільної конвекції ітераційним методом.

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{\bar{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{H} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right], \quad (3.8)$$

де λ_1 – коефіцієнт теплопровідності води, Вт/(м·К).

Для визначення \bar{Nu}_1 використовується формула, яка рекомендована для вертикальних поверхонь (труби) за умов ламінарного режиму $10^3 < Ra < 10^9$ в необмеженому просторі [29].

$$\bar{Nu}_1 = 0,76 \cdot Ra_1^{0,25} \cdot \left(\frac{Pr_{p1}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}, \quad (3.9)$$

де Ra_1 – критерій Релея;

Pr_{p1} – критерій Прандтля – за середньоінтегральною температурою води в межах часового проміжку τ ;

$Pr_{ст}$ – критерій Прандтля для води за температурою $\bar{T}_{ст}$ стінки в процесі ітерацій.

Критерій Релея

$$Ra_1 = Gr_1 \cdot Pr_{p1}. \quad (3.10)$$

Критерій Грасгофа

$$Gr_1 = \frac{g \cdot \beta_1 \cdot \overline{\Delta T} \cdot H^3}{\nu_1^2}, \quad (3.11)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

H – визначальний лінійний розмір (відстань по вертикалі від поверхні металевого дна посудини II до рівня досліджуваної рідини II в посудині), m ;

$\overline{\Delta T} = \left| \overline{T_1} - \overline{T_{ст}} \right|$ – температурний напір;

$\overline{T_{ст}}$ – зовнішня середня температура стінки тонкого металевого циліндра II, яка омивається водою, $^{\circ}C$;

β_1 – коефіцієнт температурного розширення води, $^{\circ}C^{-1}$;

ν_1 – кінематична в'язкість води, m^2/c .

По середньоінтегральному значенню температури води $\overline{T_1}$ в діапазоні часу $\tau_1 \dots \tau_n$ визначаються теплофізичні властивості (ТФВ) води, а саме коефіцієнт температурного розширення β_1 , кінематична в'язкість ν_1 , коефіцієнт теплопровідності λ_1 .

Проводиться перевірка заданої зовнішньої температури стінки II в діапазоні часу. Якщо отримана температура стінки відрізняється від попередньо прийнятої менше ніж на 3%, перерахунок завершується і визначається коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в системі «НС I – тіло II» $\overline{\psi}$.

Перевірка заданої зовнішньої температури стінки

$$\overline{T_{ст}} = \overline{T_1} - \frac{q_2}{\alpha_1} [^{\circ}C]. \quad (3.12)$$

Коефіцієнт нерівномірності розподілу температур

$$\bar{\psi} = \vartheta_f / \vartheta_v, \quad (3.13)$$

$$\vartheta_v = \left| \bar{T}_1 - \bar{T}_2 \right| [^{\circ}\text{C}], \quad (3.14)$$

$$\vartheta_f = \left| \bar{T}_1 - \bar{T}_{\text{CT}} \right| [^{\circ}\text{C}], \quad (3.15)$$

де ϑ_v – надлишкова температура тіла II по відношенню до температури зовнішнього середовища I;

ϑ_f – надлишкова температура стінки по відношенню до температури \bar{T}_1 .

Обробка експериментальних даних. По закінченню фізичного досліду отримуємо значення термопар з інтервалом часу. Вибираємо сім точок для дослідження перша точка 10 секунд кожна наступна через 60-120 секунд (рис 3.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Type log name here																					
2	Port definition: ID = 1, Function = 03, Address = 0, ScanRate = 1000																					
3																			T1	T2	V	LnV
4	06/15/21 11:22:17	604	612	635	621	464	474	484	488	453	549	603	632	558	482	488	484	224	61.5	47.3	14.2	2.7
5	06/15/21 11:22:27	585	606	630	608	478	474	482	482	453	544	600	640	560	479	489	479	224	60.6	47.4	13.2	2.6
6	06/15/21 11:22:37	603	630	650	619	485	488	485	484	458	551	595	640	574	477	494	490	223	61.9	48.0	13.9	2.6
7	06/15/21 11:22:47	606	613	654	637	489	490	495	488	459	562	599	620	580	479	488	494	224	62.2	48.4	13.8	2.6
8	06/15/21 11:22:57	590	626	647	626	499	492	494	496	461	549	606	638	572	474	499	500	224	61.9	48.8	13.1	2.6
9	06/15/21 11:23:07	606	630	629	624	495	501	501	494	463	569	600	627	585	485	496	505	224	61.8	49.1	12.7	2.5
10	06/15/21 11:23:17	593	602	635	620	501	499	507	497	463	571	599	626	574	486	499	502	224	61.0	49.3	11.6	2.5
11	06/15/21 11:23:27	595	625	639	631	505	513	510	506	469	558	617	634	584	485	514	509	224	62.1	50.1	12.1	2.5
12	06/15/21 11:23:37	607	612	632	632	518	507	515	515	471	567	608	614	595	488	511	514	224	61.8	50.5	11.3	2.4
13	06/15/21 11:23:47	587	619	634	609	514	517	511	510	479	570	611	637	547	492	519	512	224	61.2	50.6	10.6	2.4
14	06/15/21 11:23:57	582	620	631	622	527	516	515	523	480	568	605	640	579	495	524	523	224	61.2	51.2	10.0	2.3
15	06/15/21 11:24:07	598	601	637	633	521	517	527	516	479	575	602	605	584	497	521	528	224	61.4	51.2	10.2	2.3
16	06/15/21 11:24:17	602	604	626	630	531	518	523	524	484	557	597	623	572	486	516	522	224	61.2	51.6	9.6	2.3
17	06/15/21 11:24:27	595	615	613	632	532	528	528	523	483	566	602	608	579	494	529	522	224	61.1	51.9	9.3	2.2
18	06/15/21 11:24:37	597	613	626	619	524	527	533	523	486	579	598	614	586	503	531	529	224	61.1	51.9	9.2	2.2
19	06/15/21 11:24:47	588	607	626	625	532	535	525	526	494	573	583	629	594	504	530	544	224	60.6	52.2	8.3	2.1
20	06/15/21 11:24:57	573	617	627	622	535	544	534	532	499	579	588	605	591	507	529	533	224	60.5	52.9	7.7	2.0
21	06/15/21 11:25:07	573	593	622	617	533	534	544	529	501	573	589	617	597	504	533	542	223	59.9	52.8	7.1	2.0
22	06/15/21 11:25:17	579	606	628	623	533	542	546	530	503	580	590	611	598	509	541	549	223	60.5	53.1	7.4	2.0
23	06/15/21 11:25:27	580	596	620	620	533	537	544	529	500	579	593	601	593	510	530	546	224	60.2	52.9	7.3	2.0
24	06/15/21 11:25:38	581	590	607	616	535	540	546	537	499	586	587	614	596	514	533	542	224	59.6	53.1	6.5	1.9
25	06/15/21 11:25:48	573	601	622	602	552	550	544	546	511	579	588	629	586	511	551	545	224	59.7	54.1	5.7	1.7
26	06/15/21 11:26:00	574	604	617	601	557	548	548	546	513	567	597	620	592	521	550	550	224	59.9	54.2	5.6	1.7
27	06/15/21 11:26:10	581	589	630	609	541	554	546	543	512	585	581	623	597	518	549	555	224	59.8	53.9	5.9	1.8
28	06/15/21 11:26:20	574	613	610	607	555	552	541	546	513	560	587	617	582	526	556	554	224	59.8	54.1	5.7	1.7
29	06/15/21 11:26:31	586	588	619	610	545	552	554	542	511	584	579	613	600	523	546	554	224	59.6	54.1	5.6	1.7
30	06/15/21 11:26:41	587	590	600	614	550	558	550	508	578	589	592	595	531	549	548	548	224	59.6	54.3	5.3	1.7
31	06/15/21 11:26:51	567	588	611	612	564	551	550	550	517	563	581	611	581	526	557	550	224	59.2	54.6	4.5	1.5
32	06/15/21 11:27:01	583	593	600	620	563	548	565	551	517	578	597	595	588	533	552	547	224	59.9	54.9	5.0	1.6
33	06/15/21 11:27:11	571	585	612	610	558	567	552	555	525	570	582	611	593	523	555	560	224	59.2	55.1	4.1	1.4
34	06/15/21 11:27:21	586	592	611	620	551	563	565	556	517	569	587	611	580	536	564	548	224	59.9	55.0	4.9	1.6
35	06/15/21 11:27:31	573	578	606	609	556	552	560	549	522	572	570	599	592	524	554	562	224	58.7	54.8	3.9	1.4
36	06/15/21 11:27:41	586	583	612	614	562	553	570	551	518	574	587	597	598	530	560	565	224	59.6	55.1	4.6	1.5
37	06/15/21 11:27:51	582	598	603	608	567	563	553	562	524	569	578	610	582	528	559	559	224	59.4	55.4	4.0	1.4
38	06/15/21 11:28:02	573	587	597	619	556	561	565	564	521	569	595	593	593	533	552	572	224	59.4	55.3	4.1	1.4
39	06/15/21 11:28:12	565	597	609	606	556	571	558	553	524	572	570	593	595	531	557	565	224	58.9	55.2	3.7	1.3
40	06/15/21 11:28:22	577	587	596	611	567	562	555	558	527	561	588	605	594	533	572	559	224	59.2	55.4	3.8	1.3
41	06/15/21 11:28:32	565	585	603	593	568	563	559	551	529	561	570	597	585	534	560	564	224	58.3	55.4	2.9	1.1
42	06/15/21 11:28:42	553	593	603	595	573	556	558	560	525	558	577	599	577	535	564	562	224	58.4	55.4	3.0	1.1
43	06/15/21 11:28:52	570	594	587	590	567	555	556	562	528	575	585	590	604	538	563	567	224	58.5	55.4	3.2	1.2
44	06/15/21 11:29:02	575	582	613	593	560	566	564	558	531	575	571	607	593	542	566	567	224	58.7	55.6	3.1	1.1
45	06/15/21 11:29:12	574	593	605	590	568	566	555	562	526	560	586	597	593	538	574	559	224	59.0	55.5	3.4	1.2
46	06/15/21 11:29:22	575	584	589	604	556	555	566	553	523	565	577	583	588	541	552	563	224	58.6	55.1	3.5	1.3
47	06/15/21 11:29:32	579	597	605	598	572	572	559	571	533	572	580	611	585	541	571	568	224	59.2	56.1	3.0	1.1
48	06/15/21 11:29:42	572	588	584	594	570	565	557	571	536	561	587	603	594	538	578	562	224	58.5	56.0	2.5	0.9

Рисунок 3.1 – Виміряні значення дослідною установкою

Середньооб'ємна температура води у зовнішньому об'ємі

$$\bar{T}_1 = (60,4 + 61,2 + 63,5 + 62,1 + 60,3)/5 = 61,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середньооб'ємна температура води у внутрішньому циліндрі

$$\bar{T}_2 = (46,4 + 47,4 + 48,4 + 48,8 + 45,3)/5 = 47,3 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Надлишкова середньооб'ємна температура, $^\circ\text{C}$

$$\vartheta = |61,5 - 47,3| = 14,2 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Будуємо графік залежності часу від нагрівання та охолодження двох середовищ. Апроксимуємо формули і отримуємо (рис. 3.2). За отриманими залежностями обчислюємо інтегральну температуру середовищ для точок часу (10, 90, 180, 270, ... 720) обчислюємо середнє значення для двох середовищ в часовому проміжку 10-180, потім 90-270 і т. д. (рис. 3.3-3.4).

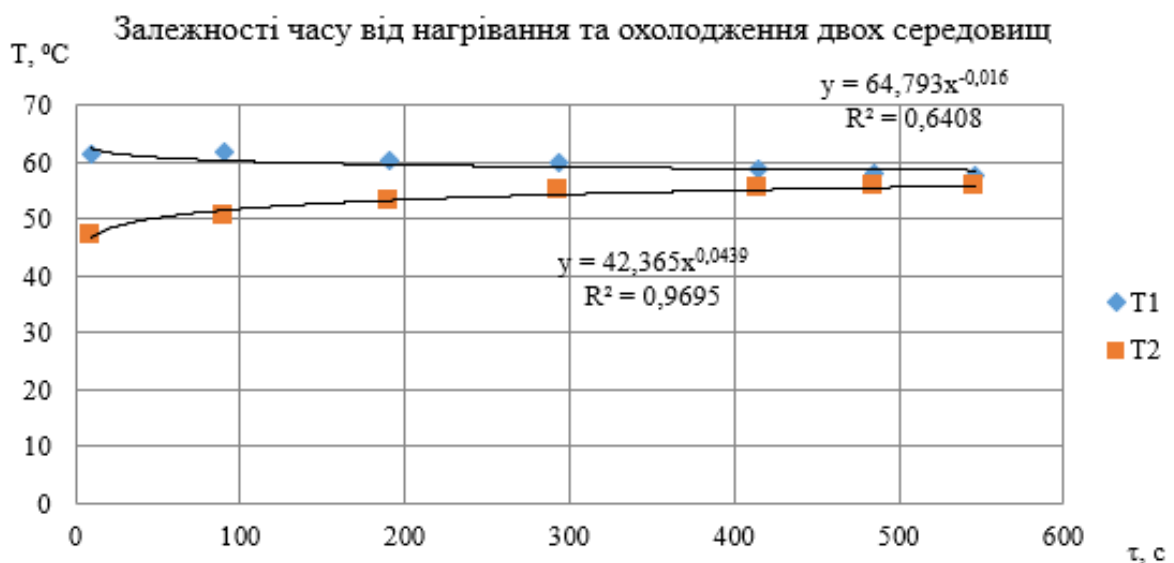


Рисунок 3.2 – Графік залежності часу від теплообміну двох середовищ.

T1 – великий об'єм, T2 – об'єм баночки.

τ	T1	T2
10	62,4	46,9
90	60,3	51,6
180	59,6	53,2
270	59,2	54,2
360	59,0	54,9
450	58,8	55,4
540	58,6	55,8
630	58,4	56,2
720	58,3	56,6
810	58,2	56,8
900	58,1	57,1

Рисунок 3.3 – Обчислення інтегральної температури двох середовищ для точок з інтервалом часу 90 секунд.

τ	t1c	t2c
10-180	60,8	50,57
90-270	59,7	53,00
180-360	59,3	54,08
270-450	59,0	54,81
360-540	58,8	55,37
450-630	58,6	55,82
540-720	58,5	56,20

Рисунок 3.4 – Середньоінтегральна температура для проміжку часу

Різниця середньоінтегральних температур

$$\overline{\overline{T}}_{21} = (62,4 + 60,3 + 59,6)/3 = 60,8 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$\overline{\overline{T}}_{22} = (46,9 + 51,6 + 53,2)/3 = 50,6 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$\overline{\overline{\Delta T}}_2 = 60,8 - 50,6 = 10,2 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Випишемо густину та теплоємність води при температурі $\overline{T}_{22} = 50,6$ (°C), [30].

- густина води: $\rho_1 = 987,8 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right),$

- теплоємність води: $C_{p2} = 4,183 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$

Маса холодного теплоносія

$$M_2 = 3,14 \cdot 0,1 \cdot 0,0497^2 \cdot 987,8 = 0,766 \text{ (кг)}.$$

Площа поверхні нагріву

$$F_{\text{То}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,1 = 0,0314 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Питомий тепловий потік від води до тіла

$$q_1 = q_2 = \frac{0,766 \cdot 4,183 \cdot 10,2}{0,0314 \cdot 170} = 6,21 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right).$$

По середньоінтегральному значенню температури води \overline{T}_1 приймаємо температуру стінки 60 °C. За температурою зовнішнього середовища в діапазоні часу $\tau_1 \dots \tau_n$ визначаються теплофізичні властивості води, а саме коефіцієнт температурного розширення β_1 , кінематична в'язкість ν_1 , коефіцієнт теплопровідності λ_1 та критерій Прандтля Pr_1 [30].

- температурне розширення води: $\beta_1 = 0,01793 \left(\frac{1}{\text{К}} \right),$

- кінематична в'язкість води: $\nu_1 = 4,52 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right),$
- коефіцієнт теплоємності води: $\lambda_1 = 0,658 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right),$
- критерій Прандтля для води: $\text{Pr}_{\text{pl}} = 2,837,$
- критерій Прандтля для води: $\text{Pr}_{\text{ст}} = 2,866.$

Температурний напір

$$\overline{\Delta T} = |60,8 - 60| = 0,8 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Критерій Грасгофа

$$\text{Gr}_1 = \frac{9,81 \cdot 0,01793 \cdot 0,8 \cdot 0,1^3}{(4,52 \cdot 10^{-7})^2} = 6,79 \cdot 10^8.$$

Критерій Релея

$$\text{Ra}_1 = 1,93 \cdot 10^9 \cdot 2,837 = 1,93 \cdot 10^9.$$

Для визначення $\overline{\text{Nu}}_1$ використовується формула, яка рекомендована для вертикальних поверхонь (труби) за умов ламінарного режиму $10^3 < \text{Ra}_1 < 10^9$ в необмеженому просторі [29].

$$\overline{\text{Nu}}_1 = 0,76 \cdot (1,93 \cdot 10^9)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,837}{2,866} \right)^{0,25} = 158,8.$$

Коефіцієнт тепловіддачі за умови вільної конвекції ітераційним методом.

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{158,8 \cdot 0,658}{0,1} = 1045 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Проводиться перевірка заданої зовнішньої температури стінки в діапазоні часу. Якщо отримана температура стінки відрізняється від попередньо прийнятої менше ніж на 3%, перерахунок завершується і визначається коефіцієнт нерівномірності розподілу температур для води $\bar{\psi}$.

Перевірка заданої зовнішньої температури стінки

$$\bar{T}_{\text{ст}} = 60,8 - \frac{6,21}{1045} = 60,8 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Коефіцієнт нерівномірності розподілу температур

$$\vartheta_v = |60,8 - 50,57| = 10,23 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$\vartheta_f = |60,8 - 60| = 0,8 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$\bar{\psi} = 0,8/10,2 = 0,0784.$$

3.2 Результати дослідження в SolidWorks модулі Flow Simulation

Комп'ютерна модель побудована за геометричними розмірами фізичної моделі. За допомогою режиму «Сборка» було складено установку. Граничні умови що були задані представлені у таблиці 3.1. Результати дослідження показані на (рис. 3.5-3.6).

Таблиця 3.1 – Граничні умови для дослідження ємкісного теплообмінника

№	Гранична умова	Значення	Напрямок потоку	Середовище
1	Швидкість, м/с	0,000150	вниз	зовнішнє
2	Статичний тиск, Па	101325	вниз	зовнішнє
3	Швидкість, м/с	0,000099	вгору	внутрішнє
4	Статичний тиск, Па	101325	вгору	внутрішнє

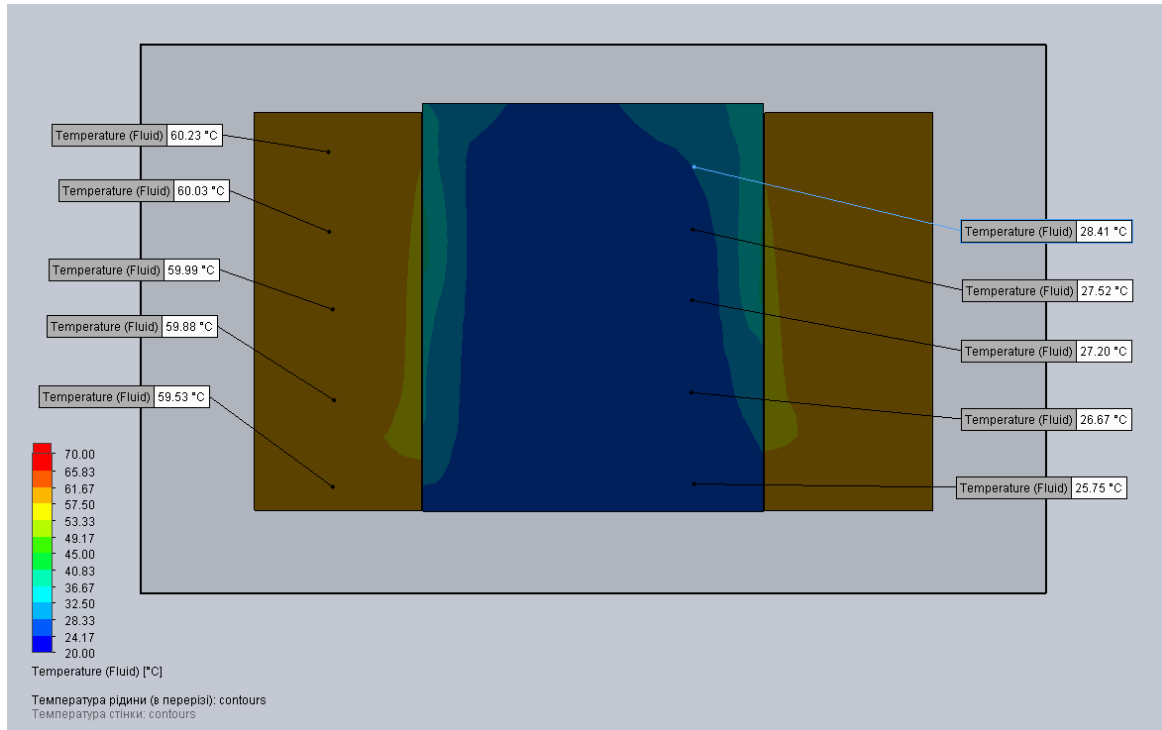


Рисунок 3.5 – Температура рідини в перерізі експериментальної установки

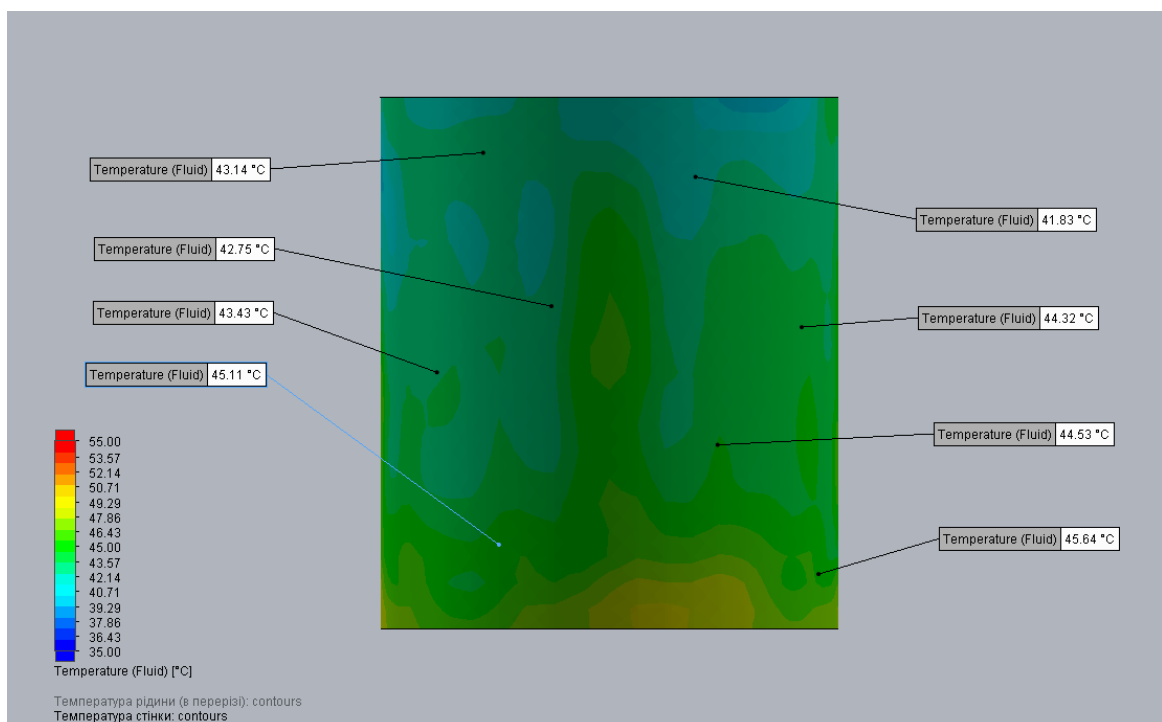


Рисунок 3.6 – Температура стінки тонкої металевої циліндричної стінки

Із (рис 3.6 та рис 3.8) середнє значення температури стінки становить 44, а у експерименті 58,6. Розбіжність не перевищує 25%. Що знаходиться в межах допустимого відхилення.

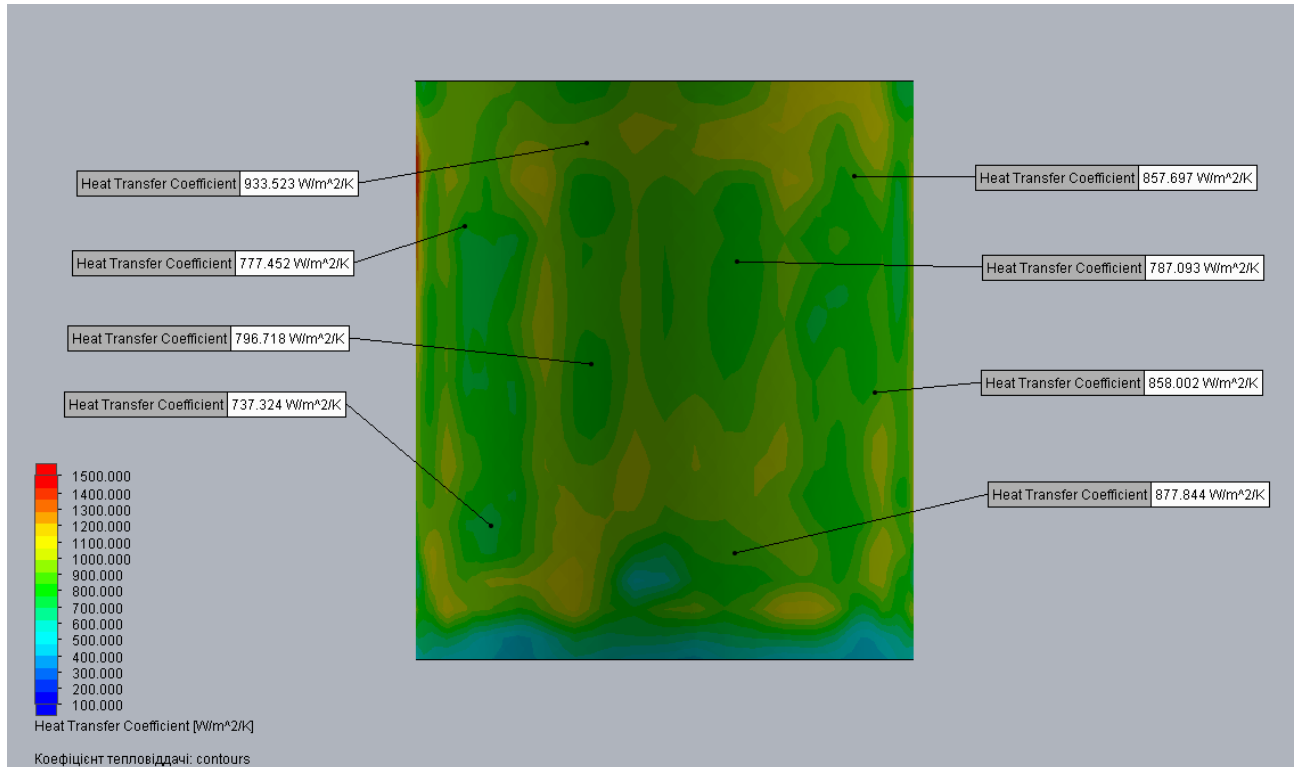


Рисунок 3.7 – Коефіцієнт тепловіддачі тонкої металевої циліндричної стінки

На (рис 3.7 та рис 3.8) середній коефіцієнт тепловіддачі з моделі 882 Вт/м²·К, а на експериментальному стенді 980 Вт/м²·К (таблиця 3.2) розбіжність становить не більше 11%. Що знаходиться в межах допустимого відхилення.

Local Parameter	Minimum	Maximum	Average
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	18.394	1843.210	882.748
Wall Temperature [°C]	38.32	49.75	44.11

Рисунок 3.8 – Середнє значення температури стінки та коефіцієнта тепловіддачі

При охолодженні уже нагрітого середовища отримаємо розподіл температур дивитися (рис 3.9).

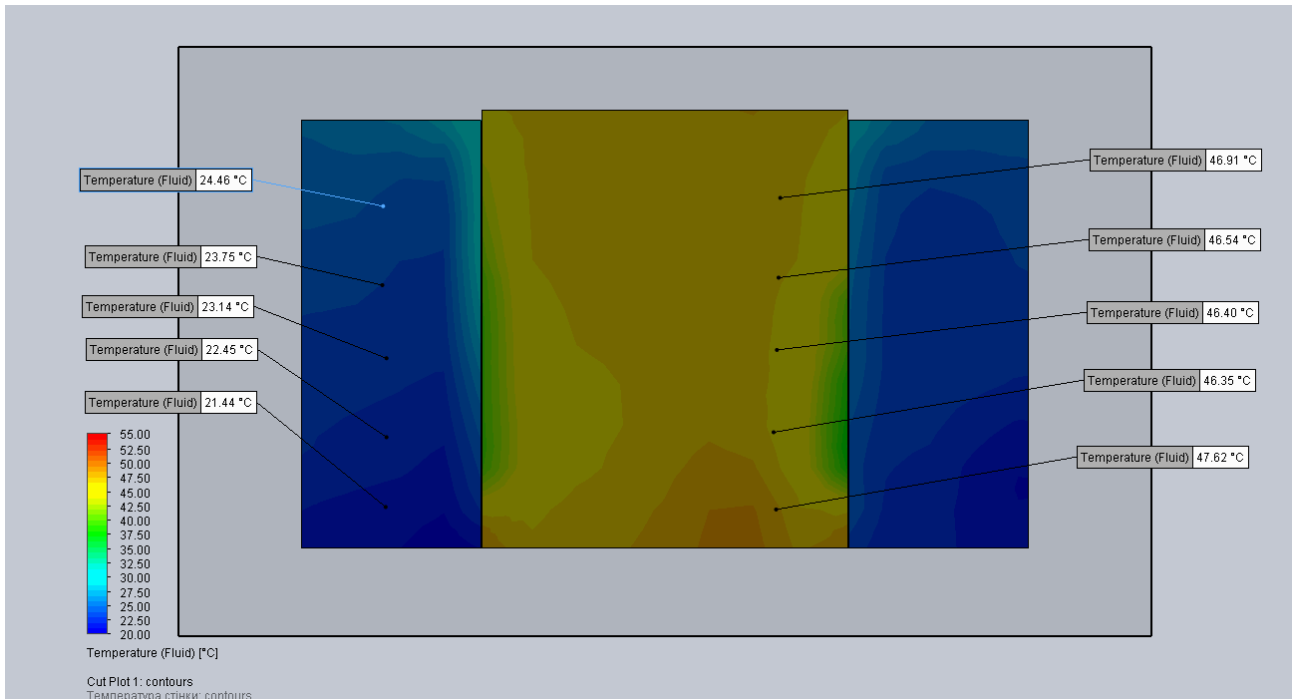


Рисунок 3.9 – Температура рідин в перерізі експериментальної установки

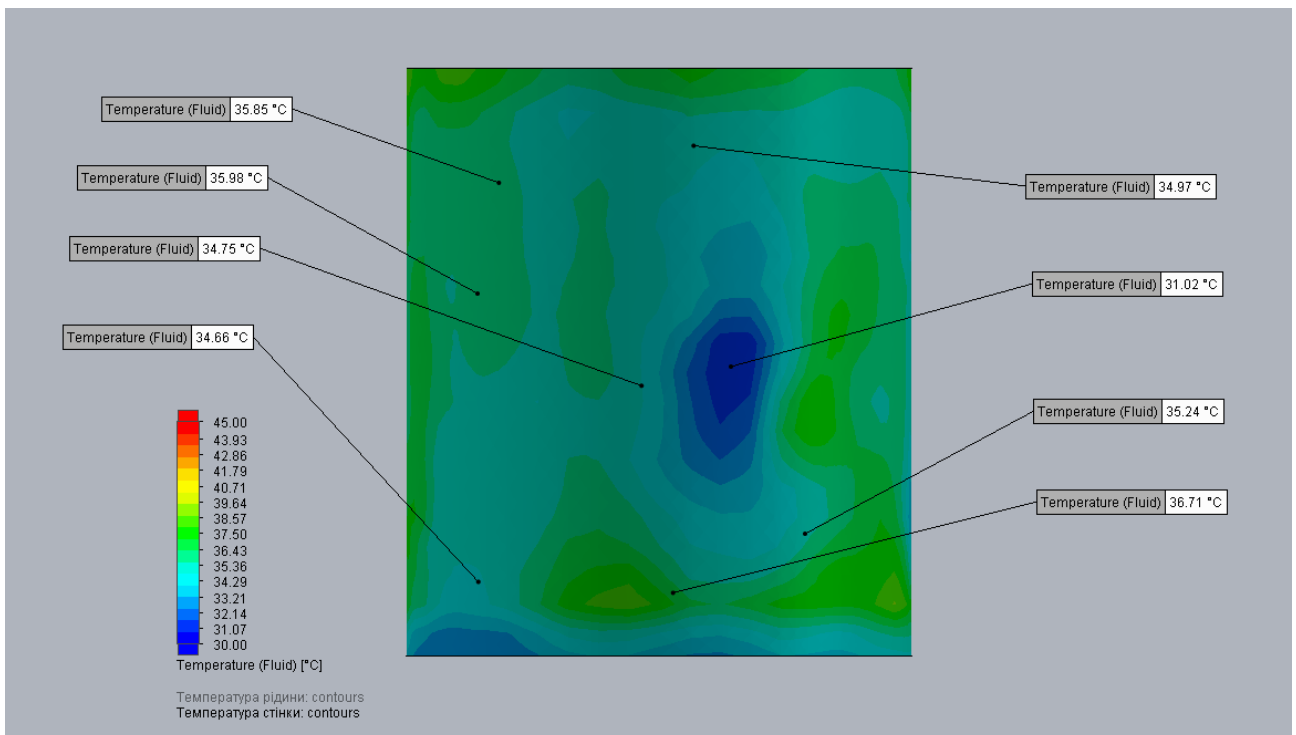


Рисунок 3.10 – Температура стінки тонкої металевої циліндричної стінки

Із (рис 3.10 та рис 3.12) середнє значення температури стінки становить 34,9, а у експерименті 37,5. Розбіжність не перевищує 7%. Що знаходиться в межах допустимого відхилення.

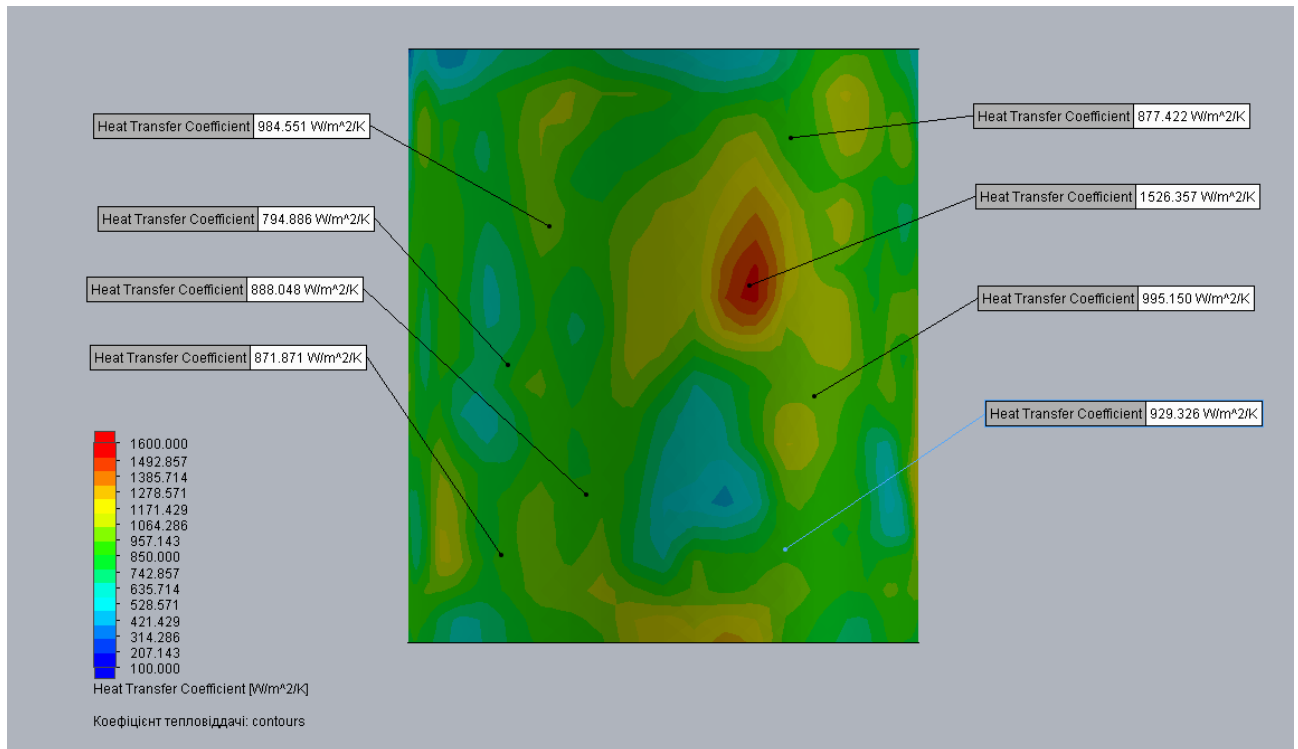


Рисунок 3.11 – Коефіцієнт тепловіддачі стінки при теплоносії 20-55

На (рис 3.11 та рис 3.12) середній коефіцієнт тепловіддачі з моделі 900 Вт/м²·К, а на експериментальному стенді 616 Вт/м²·К (таблиця 3.3) розбіжність становить не більше 31%. Що знаходиться в межах допустимого відхилення.

Local Parameter	Minimum	Maximum	Average
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	101.272	2524.857	900.967
Wall Temperature [°C]	29.96	39.97	35.54

Рисунок 3.12 – Середнє значення температури стінки та коефіцієнта тепловіддачі

Розрахунок виконується для кожної точки, результати нагрівання води у баночці відображені в таблиці 3.2, а охолодження води в баночці показана в таблиці 3.3.

З метою аналізу результатів розрахунки досліджуваних рідин показані в таблицях 3.2-3.3. В таблицях \bar{T}_1 – середньоінтегральна температура води в

діапазоні часу $\Delta\tau = 180$ с, $^{\circ}\text{C}$; \bar{T}_2 – середньоінтегральна температура досліджуемого рідинного середовища в діапазоні часу $\Delta\tau = 180$ с, $^{\circ}\text{C}$ (рис. 3.4). У таблиці 3.2 продемонстровані результати розрахунку для нагрівання рідини (води) у циліндричному об’ємі.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження нагрівання води, $\Delta\tau=180$ с

№	Проміжок часу $\Delta\tau$, с	\bar{T}_1 , $^{\circ}\text{C}$	\bar{T}_2 , $^{\circ}\text{C}$	$\bar{T}_{\text{ст}}$, $^{\circ}\text{C}$	m , c^{-1}	q , $\text{кВт}/\text{м}^2$	$\bar{\psi}$	$\bar{\alpha}_1$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
1	10-180	60,79	50,57	60	0,0039	6,21	0,0784	1045
2	90-270	59,72	53,00	59		3,86	0,1072	1009
3	180-360	59,28	54,08	58,5		2,99	0,1499	1024
4	270-450	58,99	54,81	58,3		2,4	0,1650	990
5	360-540	58,77	55,37	58,1		1,96	0,1973	981
6	450-630	58,60	55,82	58		1,6	0,2150	951
7	540-720	58,45	56,20	58		1,29	0,2005	885

У досліді нагрівання рідини у циліндричній ємності взято сім контрольних точок із різницею в часі 180 с. Температура стінки дуже близька до температури зовні циліндричного об’єму. Завдяки матеріалу металу та його теплофізичних властивостей. Коефіцієнт тепловіддачі з часом зменшується у зв’язку з теплопередачею між середовищами. А при зменшенні тепловіддачі зменшується і питомий тепловий потік. Темп нагрівання рідини після настання стаціонарного режиму залишається сталим до завершення експерименту. Дослід завершується після досягнення температур між середовищами до $\pm 5^{\circ}\text{C}$

Аналізуючи результати з таблиці 3.3 при охолодженні рідини (води) у циліндричному об’ємі. Можна спостерігати схожу тенденцію. Температура стінки близька до температури зовнішнього циліндричного об’єму. Коефіцієнт тепловіддачі також має тенденцію до зменшення у зв’язку з теплопередачею між середовищами. Питомий тепловий потік – зменшується. Темп охолодження рідини після настання стаціонарного режиму залишається сталим до завершення експерименту після чого він завершується. Дослід триває до періоду коли температур між середовищами досягнуть різниці між ними у $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження охолодження води, $\Delta\tau = 180$ с

№	Проміжок часу $\Delta\tau$, с	\bar{T}_1 , °C	\bar{T}_2 , °C	$\bar{T}_{ст}$, °C	m , с ⁻¹	q , кВт/м ²	$\bar{\psi}$	$\bar{\alpha}_1$, Вт/(м ² ·К)
1	10-180	43,14	29,93	42,5	0,0044	10,03	0,0483	784
2	90-270	39,34	31,31	39		5,76	0,0423	629
3	180-360	37,90	31,93	37,5		4,28	0,0664	638
4	270-450	36,98	32,34	36,8		3,33	0,0382	513
5	360-540	36,30	32,66	36		2,61	0,0819	577
6	450-630	35,76	32,91	35,4		2,04	0,1263	598
7	540-720	35,31	33,13	35		1,57	0,1437	573

3.4 Висновки до розділу

Експериментально встановлено, що в дослідній системі мають місце ознаки регулярного теплового режиму, тобто, темп нагрівання досліджуваної рідини в циліндричній посудині $m = \text{const}$; коефіцієнт тепловіддачі в процесі регулярного теплового режиму практично сталий $\bar{\alpha}_1 \approx \text{const}$; коефіцієнт нерівномірності розподілу температур $\bar{\psi} \approx \text{const}$.

Існування залежностей $\psi = \text{const}$ і $\alpha_1 = \text{const}$ для твердих тіл пояснюється, як наслідок реалізації лінійності залежності $\text{Ln}\vartheta = f(\tau)$, тобто $m = \text{const}$ [28, 31]. Таке ж обґрунтування $\psi = \text{const}$ і $\alpha_1 = \text{const}$ для циліндричного об'єму рідини в тонкостінній металевій оболонці можна зробити якщо прийняти до уваги, що складний процес теплообміну розглядається, як елементарне явище теплопровідності [31].

Було встановлено, що при нагріванні розбіжність середнього значення температури стінки не перевищує 25%, а розбіжність середнього коефіцієнта тепловіддачі становить не більше 11%. При охолодженні розбіжність середнього значення температури стінки не перевищує 7%, а розбіжність середнього коефіцієнта тепловіддачі становить не більше 31%.

Коефіцієнт тепловіддачі для нагрівання та охолодженні на початку та в кінці досліду практично сталий, а розбіжність між цими значеннями не перевищує 30%.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ ТА СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

4.1 Аналіз об'єкту та вибір основного обладнання системи теплопостачання

Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу.

Розробляється можливість встановлення пластинчастих теплообмінників Funke серії FP для забезпечення споживачів необхідними потужностями. Теплообмінники встановлюються в котельній для забезпечення гарячою водою та опаленням будинки у місті Вінниця.

Подача гарячої води до теплообмінника здійснюється з допомогою насосної групи, що складається з двох відцентровий, горизонтальний, консольний насосів 8К-12.

Насос є вертикальним апаратом, який монтується на спеціальний фундамент для уникнення створень гідравлічних ударів від роботи насосного обладнання котла. Габаритні розміри теплообмінників наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Габаритні розміри теплообмінників [32]

№ п/п	Найменування	ГВП (FP 10)	БГУ (FP 22)	ОП (FP 22)	АБХМ (FP 41)
1	Висота	733	1182	1182	1470
2	Ширина	310	310	310	620
3	Довжина	403	720	920	1210

Гаряча вода від котлів збирається у гребінці та рухається до насоса, звідки прямує до теплообмінників, охолоджена вода повертається до котла. Надлишок води йде на мембранний розширювальний бак. Для забезпечення можливості виконання ремонтних робіт обладнання передбачена запірні арматура (запірні крани з фланцевим з'єднанням).

Всі трубопроводи після монтажу та приєднання всього обладнання повинні бути піддані гідравлічному випробуванню тиском, який дорівнює 0,2 МПа.

Вибір основного обладнання системи тепlopостачання.

Для влаштування водопроводів зазвичай використовують сталеві труби. В деяких випадках (по технічним вимогам) можуть використовувати пластмасові і азбестоцементні труби. Для водопроводів слід використовувати труби з добре зварних маловуглецевих і легованих сталей. В даному випадку це труби сталеві електрозварні $\varnothing 168 \times 5$ та $\varnothing 244,5 \times 5$ з спокійної маловуглецевої сталі групи В. З'єднані газопроводи електродуговим зварюванням «встик», в місцях встановлення арматури – на фланцевих і різьбових з'єднаннях. Покраска газопроводів передбачена емалевою фарбою в колір згідно ГОСТа.

Кількість пластин для теплообмінників обираємо в залежності від потужності споживача та площі однієї пластини. Для оптимальної роботи теплообмінника рекомендується використовувати від 20-30 пластин.

Для магістрального трубопроводу підбиралися засувки типу «батерфляй» Ду 300 в кількості дві штуки. Для подавальних патрубків насоса підбрано вентиль 15нж22нж Ду 200, а для нагнітальних запірний вентиль Zetkama 234A Ду 125 та зворотній клапан Zetkama Ду 125 в кількості дві штуки. Для обв'язки теплообмінника використовується зворотній клапан Zetkama Ду 150 – дві штуки, кран кульовий Interval Ду 150 – одна штука та засувка типу «батерфляй» Ду 150 – три штуки. Для обв'язки трьох інших теплообмінників використовується зворотній клапан Zetkama Ду 50 – шість штук, кран кульовий Interval Ду 50 – три штуки та засувка типу «батерфляй» Ду 50 дев'ять штук. Перед кожним баком встановлено по одній засувці типу «батерфляй» Ду 100.

4.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Відомість витрат матеріалів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Основні матеріали					
1	Насос 8К-12 відцентровий, горизонтальний, консольний для води	шт	2	635	1270
2	Пластинчастий теплообмінник Funke FP10-41	шт	1	84	84
3	Пластинчастий теплообмінник Funke FP22-65	шт	1	225	225
4	Пластинчастий теплообмінник Funke FP22-107	шт	1	270	270
5	Пластинчастий теплообмінник Funke FP41-75	шт	1	880	880
6	Розширювальний бак Flexcon M 6700 – 10.0 bar	шт	4	1690	6760
7	Засувка типу «батерфляй» Ду 300 [33]	шт	2	49,6	99,2
8	Вентиль 15нж22нж Ду 200 [34]	шт	2	160	320
9	Зворотній клапан Zetkama Ду 150 [35]	шт	2	45	90
10	Кран кульовий Interval Ду 150 [36]	шт	1	39	39
11	Засувка типу «батерфляй» Ду 150 [37]	шт	3	14	42
12	Зворотній клапан Zetkama Ду 125 [38]	шт	2	34	68
13	Запірний вентиль Zetkama 234A Ду 125 [39]	шт	2	49	98
14	Засувка типу «батерфляй» Ду 100 [40]	шт	4	8,1	32,4
15	Зворотній клапан Zetkama Ду 50 [41]	шт	6	8,5	51
16	Кран кульовий Interval Ду 50 [42]	шт	3	7,4	22,2
17	Засувка типу «батерфляй» Ду 50 [43]	шт	9	4,8	43,2

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
18	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 325x6	м	27,1	47,2	1278
19	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 219x4	м	3,89	21,21	82,51
20	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 159x4	м	6,93	15,29	106
21	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 133x4	м	4,52	12,73	57,54
22	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 108x3	м	11,63	7,77	90,37
23	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 57x3	м	23,56	4,00	94,24
24	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 325x30мм	м	27,1	2,68	72,63
25	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 219x30мм	м	3,89	1,88	7,31
26	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 159x30мм	м	6,93	1,42	9,84
27	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 133x30мм	м	4,52	1,23	5,56
28	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 108x30мм	м	11,63	1,04	12,1
29	Теплоізоляційний циліндр із базальтової вати 57x20мм	м	23,56	0,39	9,19
Допоміжні матеріали та вироби					
Для монтажу відцентрового насоса за [44]					
30	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	кг	2	0,9	1,80
31	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	2	0,14	0,28
32	Анкерні деталі з прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбленням [в комплекті з шайбами та гайками або без них], що поставляються окремо	кг	2	3,08	6,16
33	Болти з гайки та шайбами, діаметр 20-22 мм	кг	2	6	12
34	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 125 мм	шт	1	3,88	3,88
35	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 200 мм	шт	1	5,89	5,89

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
36	Розчин готовий важкий цементний, марка М50	м3	2	0,023	69
Для монтажу пластинчастого теплообмінника Funke FP10-41 за [44]					
37	Азбестовий картон загального призначення [КНАО-1], товщина 2 мм	кг	1	2,7	2,70
38	Білила густотерті цинкові МА-011-1	кг	1	0,08	0,08
39	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	кг	1	0,55	0,55
40	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
41	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	1	0,01	0,01
42	Болти з гайки та шайбами, діаметр 16 мм	кг	1	2,54	2,54
43	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	4	1,33	5,32
44	Вода	м3	1	0,26	-
45	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 1мм, діаметр 50 мм	шт	4	0,011	0,044
Для монтажу пластинчастого теплообмінника Funke FP22-65 за [44]					
46	Азбестовий картон загального призначення [КНАО-1], товщина 2 мм	кг	1	4	4
47	Білила густотерті цинкові МА-011-1	кг	1	0,08	0,08
48	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	кг	1	6,3	6,3
49	Оліфа натуральна	кг	1	0,2	0,2
50	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	1	0,36	0,36
51	Болти з гайки та шайбами, діаметр 16 мм	кг	1	2,54	2,54
52	Болти з гайки та шайбами, діаметр 20-22 мм	кг	1	5,2	5,2
53	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	4	1,33	5,32
54	Вода	м3	1	1,97	-
55	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 1мм, діаметр 50 мм	шт	4	0,011	0,044

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
Для монтажу пластинчастого теплообмінника Funke FP22-107 за [44]					
56	Азбестовий картон загального призначення [КНАО-1], товщина 2 мм	кг	1	5	5
57	Білила густотерті цинкові МА-011-1	кг	1	0,08	0,08
58	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	кг	1	7,98	7,98
59	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
60	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	1	0,44	0,44
61	Болти з гайки та шайбами, діаметр 16 мм	кг	1	2,54	2,54
62	Болти з гайки та шайбами, діаметр 20-22 мм	кг	1	5,8	5,8
63	Болти з гайки та шайбами, діаметр 24 мм	кг	1	9,2	9,2
64	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	4	1,33	5,32
65	Вода	м ³	1	2,74	-
66	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 1мм, діаметр 50 мм	шт	4	0,011	0,044
Для монтажу пластинчастого теплообмінника Funke FP41-75 за [44]					
67	Азбестовий картон загального призначення [КНАО-1], товщина 2 мм	кг	1	5	5
68	Білила густотерті цинкові МА-011-1	кг	1	0,08	0,08
69	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	кг	1	7,98	7,98
70	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
71	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	1	0,44	0,44
72	Болти з гайки та шайбами, діаметр 16 мм	кг	1	2,54	2,54
73	Болти з гайки та шайбами, діаметр 20-22 мм	кг	1	5,8	5,8
74	Болти з гайки та шайбами, діаметр 24 мм	кг	1	9,2	9,2
75	Фланці плоскі приварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 150 мм	шт	4	4,39	17,56

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
76	Вода	м3	1	2,74	-
77	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 1мм, діаметр 150 мм	шт	4	0,028	0,112
Для монтажу розширювального баку Flexcon M 6700 за [44]					
78	Білила густотерті цинкові МА-011-1	кг	4	0,08	0,32
79	Оліфа натуральна	кг	4	0,04	0,16
80	Вода	м3	1	23,8	-
81	Очіс льняний	кг	4	0,04	0,16
82	Фланець плоский приварний Ду 100 $P_n = 0,6$ МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	2,85	11,4
Для монтажу засувки типу «батерфляй» Ду 300 за [45]					
83	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 16-[18] мм	кг	0,2	108	22
84	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,2	6,8	1,36
85	Фланець плоский приварний Ду 300 $P_n = 0,6$ МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	10,28	41,12
Для монтажу вентиля 15нж22нж Ду 200 за [45]					
86	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,2	126	25
87	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,2	3,5	0,7
88	Фланець плоский приварний Ду 200 $P_n = 0,6$ МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	5,89	23,56
Для монтажу зворотного клапана Zetkama Ду 150 за [45]					
89	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,2	110	22
90	Фланець плоский приварний Ду 150 $P_n = 0,6$ МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	4,39	17,56
Для монтажу крану кульового Interval Ду 150 за [45]					
91	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,1	110	11
92	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,1	2,3	0,23
93	Фланець плоский приварний Ду 150 $P_n = 0,6$ МПа, ГОСТ 12820-80	шт	2	4,39	8,78
Для монтажу засувки типу «батерфляй» Ду 150 за [45]					
94	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,3	69	21
95	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,3	2,3	0,69

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
96	Фланець плоский приварний Ду 150 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	6	4,39	26,34
Для монтажу зворотного клапана Zetkama Ду 125 за [45]					
97	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,2	71	14
98	Фланець плоский приварний Ду 125 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	3,88	15,52
Для монтажу запірного вентиля Zetkama 234A Ду 125 за [45]					
99	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,2	110	22
100	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,2	1,7	0,68
101	Фланець плоский приварний Ду 125 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	4	3,88	22,8
Для монтажу засувки типу «батерфляй» Ду 100 за [45]					
102	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,4	41	16,4
103	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,4	1,7	0,68
104	Фланець плоский приварний Ду 100 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	8	2,85	22,8
Для монтажу зворотного клапана Zetkama Ду 50 за [45]					
105	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,6	17	10
106	Фланець плоский приварний Ду 50 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	12	1,33	15,96
Для монтажу крану кульового Interval Ду 50 за [45]					
107	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,3	17	5
108	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,3	0,8	0,24
109	Фланець плоский приварний Ду 50 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	6	1,33	7,98
Для монтажу засувки типу «батерфляй» Ду 50 за [45]					
110	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12-[14] мм	кг	0,9	17	15
111	Пластина резинова рулонна вулканізована	кг	0,9	0,8	0,72
112	Фланець плоский приварний Ду 50 Р _п = 0,6 МПа, ГОСТ 12820-80	шт	18	1,33	23,94

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
Для монтажу трубопроводів 325х6 [45]					
113	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	1,278	12	15,34
114	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	1,278	0,3556	0,45
115	Пароніт	кг	1,278	2	2,56
Для монтажу трубопроводів 219х4 [45]					
116	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	0,083	7	0,58
117	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,083	0,4318	0,04
118	Пароніт	кг	0,083	2	0,17
Для монтажу трубопроводів 159х4 [45]					
119	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	0,106	5	0,53
120	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,106	0,4826	0,05
121	Пароніт	кг	0,106	2	0,21
Для монтажу трубопроводів 133х4 [45]					
122	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	0,058	5	0,29
123	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,058	0,4826	0,03
124	Пароніт	кг	0,058	3	0,17
Для монтажу трубопроводів 108х3 [45]					
125	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	0,09	5	0,45
126	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,09	0,508	0,05
127	Пароніт	кг	0,09	3	0,27
Для монтажу трубопроводів 57х3 [45]					
128	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	кг	0,094	6	0,56
129	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,094	0,8128	0,08
130	Пароніт	кг	0,094	7	0,66
Для монтажу теплової ізоляції трубопроводів 300 (2,71), 200 (0,39), 150 (0,69), 125 (0,45), 100 (1,16), 50 (2,36) [46]					
131	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності, 0,7 мм х (20 мм – 50 мм)	кг	2,71 0,39 0,69 0,45 1,16 2,36	4,16 2,63 2,63 2,02 2,02 1,11	11,27 1,03 1,81 0,91 2,34 2,62

Продовження таблиці 4.2					
1	2	3	4	5	6
132	Пряжки	кг	2,71	0,09	0,244
			0,39		0,035
			0,69		0,062
			0,45		0,041
			1,16		0,104
			2,36		0,212
Для гідравлічного випробовування трубопроводів Ду 50-100 [47]					
133	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик, залізний	кг	0,352	0,05	0,02
134	Оліфа натуральна	кг	0,352	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6
135	Очіс льняний	кг	0,352	0,02	0,01
136	Вода	м3	0,352	3,8	1,34
Для гідравлічного випробовування трубопроводів Ду 125-300 [47]					
137	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик, залізний	кг	0,424	0,05	0,02
138	Оліфа натуральна	кг	0,424	0,02	0,01
139	Очіс льняний	кг	0,424	0,02	0,01
140	Вода	м3	0,424	16,3	6,91

Загальна маса основних матеріалів і виробів – 12 220 кг

Загальна маса допоміжних матеріалів і виробів – 690 кг

Загальна маса допоміжного обладнання – 3300 кг

Маса матеріалів, виробів і обладнання для доставки – 16210 кг

Загальна маса води – 39 690 кг

4.3 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт. Визначення складу і об'ємів робіт

Тривалість виконання монтажних робіт наведена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Відомість тривалості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд-год	Трудомістк., люд-дні	Виконавці		Тривалість дні
					кількість	склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей виробів та матеріалів до місця монтажу та складування	т	16,21	4,4	8,92	3	2 вантажника 1 водій	2,973
Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	0,776	4	0,39	6р – 1 3р – 1	Монтажники 4,5 розряд	0,194
Монтаж насоса 8К-12 відцентрового, горизонтального, консольного для води	1 шт	2	41,66	10,42	5р – 1 3р – 1	Монтажники 3,7 розряд	5,208
Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP10-41	1 шт	1	13,92	1,74	5р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,580
Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-65	1 шт	1	38,05	4,76	5р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	1,585
Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-107	1 шт	1	43,62	5,45	5р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	1,818
Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP41-75	1 шт	1	43,62	5,45	5р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	1,818

Продовження таблиці 4.3							
1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж розширювального баку Flexcon M 6700 - 10.0 bar	1 шт	4	27,06	13,53	4р – 1 3р – 2	Монтажники 3,3 розряд	4,510
Прокладання трубопроводів Ø325x6	т	1,28	100,8	16,13	5р – 1 4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	4,032
Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 300	10 шт	0,2	144	3,6	5р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	1,200
Прокладання трубопроводів Ø219x4	т	0,083	152	1,58	5р – 1 4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,394
Встановлення вентиля 15нж22нж Ду 200	10 шт	0,2	112	2,8	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,933
Прокладання трубопроводів Ø159x4	т	0,106	176	2,33	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	1,166
Встановлення крану кульового Interval Ду 150	10 шт	0,1	96	1,2	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,400
Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 150	10 шт	0,2	112	2,8	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,933
Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 150	10 шт	0,3	80	3	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	1,000
Прокладання трубопроводів Ø133x4	т	0,058	183,2	1,33	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	0,664
Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 125	10 шт	0,2	96	2,4	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,800

Продовження таблиці 4.3							
1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення запірною вентиля Zetkama 234A Ду 125	10 шт	0,2	96	2,4	4р – 1 3р – 2	Монтажники 4 розряд	0,800
Прокладання трубопроводів Ø108x3	т	0,09	227,3	2,56	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	1,279
Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 100	10 шт	0,4	64	3,2	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	1,600
Прокладання трубопроводів Ø57x3	т	0,094	410,2	4,82	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	2,410
Встановлення крану кульового Interval Ду 50	10 шт	0,3	64	2,4	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	1,200
Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 50	10 шт	0,6	48	3,6	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	1,800
Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 50	10 шт	0,9	48	5,4	4р – 1 3р – 1	Монтажники 4 розряд	2,700
Гідравлічне випробування трубопроводів Ду 50-100	100 м	0,352	11,18	0,49	5р – 1 4р – 1 3р – 1	Монтажники 5,3 розряд	0,164
Гідравлічне випробування трубопроводів Ду 125-300	100 м	0,424	9,45	0,5	5р – 1 4р – 1 3р – 1	Монтажники 5,3 розряд	0,167
Теплова ізоляція трубопроводу Ду 300	10 м	2,71	32,16	10,89	4р – 1 3р – 1	Теплоізолювальник 3,1 розряд	5,447
Теплова ізоляція трубопроводу Ду 150 і Ду 200	10 м	1,08	5,58	0,75	4р – 1 3р – 1	Теплоізолювальник 3,4 розряд	0,377

Продовження таблиці 4.3							
1	2	3	4	5	6	7	8
Теплова ізоляція трубопроводу Ду 100 і Ду 125	10 м	1,61	4,77	0,96	4р – 1 3р – 1	Теплоізолювальник 3,4 розряд	0,480
Теплова ізоляція трубопроводу Ду50	10 м	2,36	3,36	0,99	4р – 1 3р – 1	Теплоізолювальник 3,2 розряд	0,496
Кінцеве випробування і здача в експлуатацію	100 м	0,776	1,8	0,17	6р – 1 5р – 1	Монтажники 5,5 розряд	0,087
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	3,3	4,4	1,815	2	1 вантажник 1 водій	0,908

Визначення складу робіт.

1. Доставка деталей виробів та матеріалів до місця монтажу та складування.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Монтаж насоса 8К-12.
4. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP10-41.
5. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-107.
6. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-65.
7. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP41-75.
8. Монтаж розширювального баку Flexcon M 6700.
9. Прокладання трубопроводів діаметром 325х6 мм.
10. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 300.
11. Прокладання трубопроводів діаметром 219х4 мм.
12. Встановлення вентиля 15нж22нж Ду 200.
13. Прокладання трубопроводів діаметром 159х4 мм.
14. Встановлення крану кульового Interval Ду 150.
15. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 150.
16. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 150.

17. Прокладання трубопроводів діаметром 133x4.
18. Встановлення зворотного клапана Zetkama Dy 125.
19. Встановлення запірного вентиля Zetkama 234A Dy 125.
20. Прокладання трубопроводів діаметром 108x3.
21. Встановлення засувки типу «батерфляй» Dy 100.
22. Прокладання трубопроводів діаметром 57x3.
23. Встановлення крану кульового Interval Dy 50.
24. Встановлення зворотного клапана Zetkama Dy 50
25. Встановлення засувки типу «батерфляй» Dy 50.
26. Гідравлічне випробування трубопроводів Dy 50-100.
27. Гідравлічне випробування трубопроводів Dy 125-300.
28. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 325 мм.
29. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 219 мм.
30. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 159 мм.
31. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 133 мм.
32. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 108 мм.
33. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 57 мм.
34. Кінцеве випробування системи і здача в експлуатацію.
35. Повернення допоміжного обладнання на склад.

Визначення об'ємів робіт.

1. Доставка деталей виробів та матеріалів до місця монтажу та складування. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 16210 кг. Отже, об'єми робіт – 16,21.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає $L=77,6$ м. Отже, об'єми робіт – 0,776.
3. Монтаж насоса 8К-12. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 2.
4. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP10-41. Одиниці

- вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 1.
5. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-107. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 1.
 6. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-65. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 1.
 7. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP41-75. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 1.
 8. Монтаж розширювального баку Flexcon M 6700. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, об'єми робіт – 4.
 9. Прокладання трубопроводів Ду 300. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 1278 кг. Отже, об'єми робіт – 1,28.
 10. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 300. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,2.
 11. Прокладання трубопроводів Ду 200. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 82,51 кг. Отже, об'єми робіт – 0,083.
 12. Встановлення вентиля 15нж22нж Ду 200. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,2.
 13. Прокладання трубопроводів Ду 150. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 106 кг. Отже, об'єми робіт – 0,106.
 14. Встановлення крану кульового Interval Ду 150. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,1.
 15. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 150. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,2.
 16. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 150. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,3.
 17. Прокладання трубопроводів Ду 125. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 57,54 кг. Отже, об'єми робіт – 0,058.
 18. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 125. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,2.
 19. Встановлення запірного вентиля Zetkama 234A Ду 125. Одиниці

- вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,2.
20. Прокладання трубопроводів Ду 100. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 90,37 кг. Отже, об'єми робіт – 0,09.
21. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 100. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,4.
22. Прокладання трубопроводів Ду 50. Одиниці вимірювання – тонна. Розрахована вага трубопроводу 94,24 кг. Отже, об'єми робіт – 0,094.
23. Встановлення крану кульового Interval Ду 50. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,3.
24. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 50. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,6.
25. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 50. Одиниці вимірювання – 10 шт. Отже, об'єми робіт – 0,9.
26. Гідравлічне випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Передбачено прокладання 35,2 м трубопроводів Ду 50, Ду 100. Отже, об'єми робіт – 0,352.
27. Гідравлічне випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Передбачено прокладання 42,4 м трубопроводів Ду 300, Ду 200, Ду 150, Ду 125. Отже, об'єми робіт – 0,424.
28. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 325 мм. Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 300 складає 27,1 м. Отже, об'єм робіт – 2,71.
29. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 219 мм. Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 200 складає 3,9 м. Отже, об'єм робіт – 0,39.
30. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 159 мм. Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 150 складає 6,9 м. Отже, об'єм робіт – 0,69.
31. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 133 мм. Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 125 складає 4,5 м.

Отже, об'єм робіт – 0,45.

32.Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 108 мм.

Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 100 складає 11,6 м. Отже, об'єм робіт – 1,16.

33.Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 57 мм.

Одиниці вимірювання – 10 м Довжина трубопроводів Ду 50 складає 23,6 м. Отже, об'єм робіт – 2,36.

34.Кінцеве випробування системи і здача в експлуатацію. Одиниці

вимірювання – 100 м. Передбачено прокладання 77,6 м трубопроводів. Отже, об'єми робіт – 0,776.

35.Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання –

тонна. Маса допоміжного обладнання 3300 кг. Отже, об'єм робіт – 3,3.

4.4 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань та складу ланок для монтажних робіт

Для доставки основних, допоміжних матеріалів виробів та обладнання обираємо тягач DAF XF 106 та тентований напівпричіп з рівною підлогою. Технічні характеристики тягача та напівпричепа наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики тягача «DAF XF 106» та напівпричіпа[48-50]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Витрата пального	л/100 км	23
Вантажопідйомність	кг	До 20 000
Колісна база	м	3,630
Габарити тягача:		
Довжина	мм	5903
Ширина	мм	2550
Висота	мм	3565
Габарити причепа:		
Довжина	мм	13600
Ширина	мм	2450
Висота	мм	2450
Маса	кг	19 000
Паливо	-	дизель

Витрата пального

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l \text{ [л]}, \quad (4.1)$$

де Q – витрата пального на 100 км;

n – кількість рейсів;

l – відстань до об'єкту монтажу.

$$Q_{\text{п}} = 23 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 20 / 100 = 9,2 \text{ (л)}.$$

Для переміщення вантажів у монтажній зоні обираємо монтажну електричну лебідку ЛМ-3,2. Її технічні характеристики вказані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом ЛМ-3,2 [51]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	т	3,2
Швидкість навивки каната	м/с	0,3
Діаметр канату	мм	18
Канатоємність барабану	м	250
Потужність двигуна	кВт	11
Габарити:		
Довжина	мм	1115
Ширина	мм	1430
Висота	мм	745
Маса	кг	1200

Затрати електроенергії для роботи електролебідки

$$E_{\text{л}} = P \cdot \tau \text{ [кВт·год]}, \quad (4.2)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год.

Тривалість роботи лебідки

$$\tau = 1,56 \cdot 2 + 1,3 \cdot 1 + 3,85 \cdot 1 + 4,89 \cdot 2 + 0,69 \cdot 4 + 2,1 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,9 + 4,2 \cdot 0,2 + 4,2 \cdot 0,1 + 4,2 \cdot 0,2 + 5,4 \cdot 0,2 + 2,7 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,3 + 5,6 \cdot 1,278 + 5,6 \cdot 0,083 + 5,6 \cdot 0,106 + 5,6 \cdot 0,058 + 8 \cdot 0,09 + 16 \cdot 0,094 + 0,46 \cdot 2,71 + 0,27 \cdot 1,08 + 0,19 \cdot 1,61 + 0,11 \cdot 2,36 = 38,86 \text{ (маш год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи електролебідки

$$E_{\text{л}} = 11 \cdot 38,86 = 427,5 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для переміщення вантажу використовуємо візок гідравлічний ручний Noblelift DF-25. Його характеристики вказані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики візка гідравлічного ручного спеціального Noblelift DF-25 [52]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	2500
Довжина вил	мм	1150
Ширина вил	мм	550
Маса	кг	69

Для виконання зварювальних робіт обираємо зварювальний апарат IGBT Dnipro-M SAB-17DFB (2021). Його характеристики вказані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики зварювального апарата IGBT Dnipro-M SAB-17DFB (2021) [53]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Діаметр зварювального електроду	мм	1,6 – 5
Максимальна споживана потужність	кВА	7,2
Максимальна активна потужність	Вт	5100
Напруга	В	230
ККД	%	90
Маса	кг	4,1

Затрати електроенергії для роботи зварювального апарата

$$E_{\text{звар}} = P \cdot \tau \text{ [кВт}\cdot\text{год]}, \quad (4.3)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год.

Тривалість роботи зварювального апарата

$$\tau = 1,31 \cdot 2 + 1,39 \cdot 1 + 5,48 \cdot 1 + 6,06 \cdot 2 + 16 \cdot 1,278 + 17,6 \cdot 0,083 + 17,6 \times 0,106 + + 22,5 \cdot 0,058 + 23,3 \cdot 0,09 + 51,4 \cdot 0,094 = 53,62 \text{ (маш год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи електролебідки

$$E_{\text{звар}} = 7,2 \cdot 53,62 = 386,1 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для гідравлічних випробувань трубопроводів, кранових вузлів, заповнення водою та опресування обираємо агрегат наповнювально-опресувальний АНО-161. Його характеристики вказані в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Технічні характеристики наповнювально-опресувального агрегату АНО-161 [54]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тип агрегату	-	контейнерний
Двигун (тип)	-	дизельний
Модель	-	Д-144-63
Номінальна потужність	кВт	44
Насос подавальний (тип)	-	відцентровий
Номінальна продуктивність	м ³ /ч	100
Напір	м вод. ст.	30
Висота всмоктування	м	5
Розміри рукавів (L x D), мм; всмоктувальних	мм	3 000 x 125
напірних	мм	3 000 x 75

Продовження таблиці 4.8		
Насос опресувальний (тип)	-	триплунжерний
Номінальний тиск	МПа	12.5
Максимальний тиск	МПа	16
Розміри рукавів (L x D), мм; всмоктувальних напірних	мм мм	8 000 x 32 2 200 x 20
Габарити:		
Довжина	мм	3700
Ширина	мм	1700
Висота	мм	1800
Маса, не більше	кг	2000

Затрати електроенергії для роботи наповнювально-опресувального агрегату

$$E_{\text{агр}} = P \cdot \tau \text{ [кВт}\cdot\text{год]}, \quad (4.4)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год.

Тривалість роботи наповнювально-опресувального агрегату

$$\begin{aligned} \tau &= 2 \cdot 1,278 + 3,8 \cdot 0,083 + 6,1 \cdot 0,106 + 8,4 \cdot 0,058 + 7,1 \cdot 0,09 + 18,4 \cdot 0,09 = \\ &= 6,37 \text{ (маш год)}. \end{aligned}$$

Затрати електроенергії для роботи наповнювально-опресувального агрегату

$$E_{\text{агр}} = 44 \cdot 6,37 = 280,3 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо прес гідравлічний REMS Push, його характеристика в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики гідравлічного пресу REMS Push [55]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Об'єм	л	12
Максимальний тиск	бар	60
Розміри	мм	500x190x280
Маса	кг	7,8

Тривалість роботи ручного гідравлічного пресу

$$\tau = 0,4 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,4 \cdot 2 + 4,4 \cdot 0,352 + 4,4 \cdot 0,424 = 5,01 \text{ (маш год).}$$

Для шліфувальних та відрізних робіт обираємо кутову шліф машину Dnipro-M GL-240. Технічні характеристики шліф машини наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики кутової шліф машини Dnipro-M GL-240[56]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Діаметр круга	мм	230
Робоча потужність	Вт	2600
Номінальна потужність	Вт	2400
Максимальна потужність	Вт	3000
Кількість обертів	об/хв	6500
Різьблення шпинделя	-	M14
Довжина шпинделя	мм	21
Довжина мережевого кабелю	м	3
Номінальна напруга	В	220-230
Номінальна частота	Гц	50
Рівень тиску звукового випромінювання L_{pa}	дБ(А)	9,
Рівень звукової потужності L_{wa}	дБ(А)	104
Робоча вага інструменту	кг	5,9

Затрати електроенергії для роботи кутової шліф машини

$$E_{\text{шл}} = P \cdot \tau \text{ [кВт}\cdot\text{год]}, \quad (4.5)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год.

Тривалість роботи кутової шліф машини

$$\begin{aligned} \tau &= 1,4 \cdot 1,278 + 1,7 \cdot 0,083 + 1,9 \cdot 0,106 + 1,9 \cdot 0,058 + 2 \cdot 0,09 + 3,2 \cdot 0,09 = \\ &= 2,72 \text{ (маш год)}. \end{aligned}$$

Затрати електроенергії для роботи кутової шліф машинки

$$E_{\text{шл}} = 2,6 \cdot 2,72 = 7,1 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для роботи монтажної ланки застосовуємо стандартний набір інструментів у переносному ящику. Технічні характеристики набору стандартних інструментів наведені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Набір стандартних інструментів та пристосувань для монтажників у переносному ящику

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк., шт.	Заг. маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній M17x19 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
M19x22 мм		6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423-79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502-61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Загальна витрата пального – 9,2 л

Загальна затрата електричної енергії для монтажу

$$\Sigma E = E_{\text{л}} + E_{\text{звар}} + E_{\text{агр}} + E_{\text{шл}} \text{ [кВт}\cdot\text{год]}, \quad (4.6)$$

$$\Sigma E = 427,5 + 386,1 + 280,3 + 7,1 = 1101 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу

$$\Sigma m = 1200 + 69 + 4,1 + 2000 + 7,8 + 5,9 + 11,75 = 3300 \text{ (кг)}.$$

Загальна витрата пального – 9,2 л.

Загальна затрата електричної енергії для монтажу – 1101 кВт·год.

Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 3300 кг.

Вибір складу ланок для монтажних робіт.

1. Доставка деталей виробів та матеріалів до місця монтажу та складування.
Склад ланки: водій, 2 вантажника.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Склад ланки: монтажник 6 розр, монтажника 3 розр.
3. Монтаж насоса 8К-12. Склад ланки: монтажник 5 розр, монтажника 3 розр.
4. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP10-41. Склад ланки: монтажник 5 розр, два монтажника 3 розр.
5. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-107. Склад ланки: монтажник 5 розр, два монтажника 3 розр.
6. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP22-65. Склад ланки: монтажник 5 розр, два монтажника 3 розр.
7. Монтаж пластинчастого теплообмінника Funke FP41-75. Склад ланки: монтажник 5 розр, два монтажника 3 розр.

8. Монтаж розширювального баку Flexcon M 6700. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
9. Прокладання трубопроводів діаметром 325x6 мм. Склад ланки: монтажник 5 розр, монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
10. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 300. Склад ланки: монтажник 5 розр, два монтажника 3 розр.
11. Прокладання трубопроводів діаметром 219x4 мм. Склад ланки: монтажник 5 розр, монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
12. Встановлення вентиля 15нж22нж Ду 200. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
13. Прокладання трубопроводів діаметром 159x4 мм. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
14. Встановлення крану кульового Interval Ду 150. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
15. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 150. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
16. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 150. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
17. Прокладання трубопроводів діаметром 133x4. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
18. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 125. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
19. Встановлення запірного вентиля Zetkama 234A Ду 125. Склад ланки: монтажник 4 розр, два монтажника 3 розр.
20. Прокладання трубопроводів діаметром 108x3. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
21. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 100. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
22. Прокладання трубопроводів діаметром 57x3. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.

23. Встановлення крану кульового Interval Ду 50. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
24. Встановлення зворотного клапана Zetkama Ду 50 Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
25. Встановлення засувки типу «батерфляй» Ду 50. Склад ланки: монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
26. Гідравлічне випробування трубопроводів Ду 50-100. Склад ланки: монтажник 5 розр, монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
27. Гідравлічне випробування трубопроводів Ду 125-300. Склад ланки: монтажник 5 розр, монтажник 4 розр, монтажник 3 розр.
28. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 325 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
29. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 219 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
30. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 159 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
31. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 133 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
32. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 108 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
33. Монтаж теплової ізоляції трубопроводів із зовнішнім діаметром 57 мм. Склад ланки: термоізолювальник 4 розр, термоізолювальник 3 розр.
34. Кінцеве випробування системи і здача в експлуатацію. Склад ланки: монтажник 6 розр, монтажник 5 розр.
35. Повернення допоміжного обладнання на склад. Склад ланки: водій, вантажник.

4.6 Функціональна схема автоматизації експериментальної установки

Обґрунтування вибору величин, які регулюються та каналів регулюючого впливу.

Основним параметром регулювання ємнісних теплообмінників є температура теплоносія на вході в робочий простір. Для коректних дослідних даних потрібно підтримувати нагріваюче середовище з певною температурою, адже це безпосередньо впливає на точність експерименту. В першому експерименті вода нагріває дослідну речовину через тонку металеву циліндричну стінку.

Вимірювання температури дослідного середовища у ємнісному теплообміннику.

Схема автоматичного вимірювання температури речовини представлена на рис. 4.1 та рис. 4.2.

Інформація з датчика надходить на щит звідки контроллер передає та систематизує інформацію на ЕОМ. Уже на персональному комп'ютері дослідник може зберегти та обробити експериментальні дані у своїй подальшій науковій роботі.

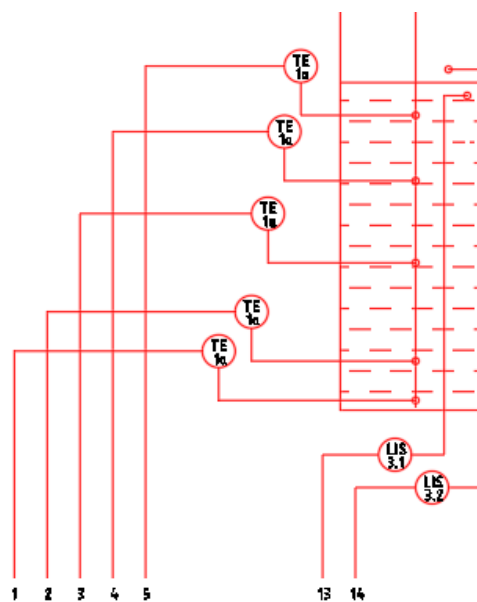


Рисунок 4.1 – Схема автоматичного вимірювання температури середовища в обмеженому об'ємі V_1 а – датчик температури $V_1 1^1 \dots 5^1$

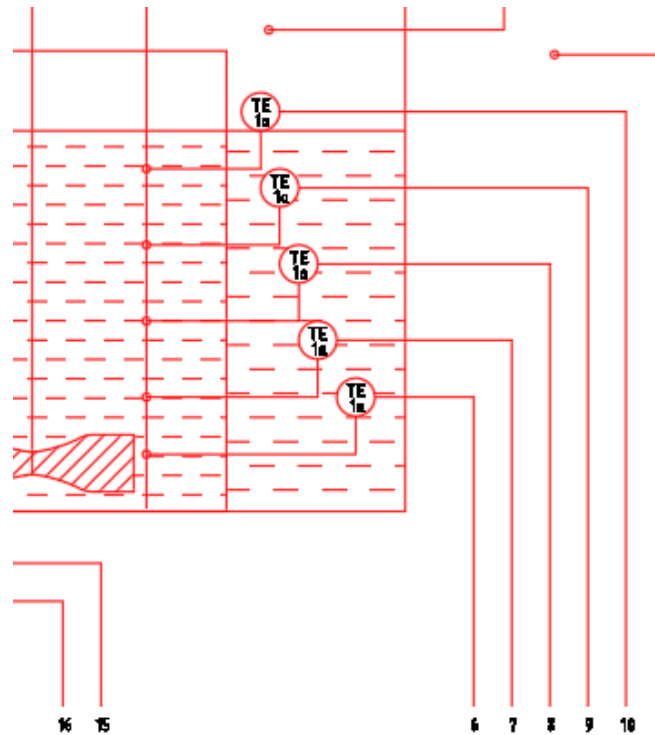


Рисунок 4.2 – Схема автоматичного вимірювання температури середовища в обмеженому об'ємі V₂ 1a – датчик температури V₂ 1²...5²

Технологічний захист та контроль фізичних величин.

Запобіжний пристрій застосовують для усунення небезпечного виробничого фактора в джерелі його появи. За характером дії вони поділяються на блокувальні та обмежувальні.

А блокувальні пристрої в свою чергу поділяються за принципом дії на механічні, електронні, електричні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, оптичні, магнітні та комбіновані [57].

Обмежувальний пристрій – це пристрій, який буде спрацьовувати при порушенні параметрів технологічного процесу/режиму роботи виробничого устаткування. Ці пристрої за конструктивним виконанням поділяють на муфти, мембрани, пружини штифти, клапани, шпонки, сільфони і шайби.

При зникненні живлення у лабораторії спрацьовує реле контролю напруги, який автоматично вмикає резервне живлення. При поновленні живлення генератор вимикається.

Вимірювання фізичних величин є невід'ємною операцією технологічних процесів, контролю та випробувань матеріалів, деталей, конструкцій і приймання готової продукції.

При автоматизації дослідної установки для контролю величин були встановлені датчики температури, рівня, тиску та кількості обертів, які контролюють такі величини:

- температура середовища в обмеженому об'ємі V_1 ;
- температура середовища в обмеженому об'ємі V_2 ;
- температура навколишнього середовища;
- рівень речовини в обмеженому об'ємі V_1 ;
- рівень речовини в обмеженому об'ємі V_2 ;
- тиск у дослідній установці;
- кількість обертів мішалки.

За допомогою датчиків температури ми контролюємо температуру середовищ у об'ємах V_1 і V_2 ., що дає нам можливість підтримувати певний температурний процес в дослідній установці.

За допомогою датчика рівня ми можемо контролювати кількість досліджуваної речовини в установці та запобігати похибці в експерименті.

За допомогою датчика обертів мішалки ми можемо змінювати кількість обертів та інтенсивність тепломасообмінного процесу.

Технологічна сигналізація.

Технологічна сигналізація використовується за для попередження про порушення звичного (нормального) ходу технологічного процесу або вихід параметрів за межі допустимих значень. В таких випадках в системах автоматизації повинна спрацювати схема і супроводжуватися відповідною світловою і звуковою інформацією про критичний стан одного з параметрів. Запускає цю схему технологічний контакт, який повинен бути або вмонтований у вторинний прилад або в спеціальний сигналізатор.

Враховуючи вищевказане, схема має можливість автоматичного блокування (технічного блокування). Система сигналізації повинна активувати

світлове і акустичне (звукове) сповіщення у разі спрацювання. Світлове сповіщення представлене горінням червоного світла, а акустичне – дзвінком або сиреною. Також передбачено можливість вимкнення звукового сигналу за допомогою спеціального пристрою.

За відсутності електропостачання в лабораторії автоматично включається резервний генератор. У цей період активується звукова сигналізація, яка призначена для інформування робочого персоналу. Ця сигналізація автоматично вимикається після відновлення основного живлення на виробництві [58].

Підбір регулюючого органу.

Електричний виконавчий механізм у системах управління — це пристрій, який відповідає за переміщення робочого органу відповідно до сигналів, що надходять від керуючого пристрою.

Такі регулюючі та запірні органи, як дросельні заслінки, клапани, засувки, шибери, направляючі апарати та інші, можуть виступати в якості робочих органів. Вони в змозі регулювати та контролювати потік енергії чи робочої речовини, яка поступає до об'єкта управління [58].

Отже, коли йде мова про робочі органи, це може бути або рух взад-вперед, або обертання на певну кількість разів (обертів). Тобто електричний виконавчий механізм, використовуючи певний інструмент, впливає безпосередньо на те, що ми хочемо контролювати.

Узагальнено, електричний виконавчий механізм включає в себе електропривід, зменшувач швидкості, пристрій зворотного зв'язку, датчик положення вихідного елемента і вимикачі для кінця руху.

У виконавчих механізмах використовують електромагніти або електродвигуни зі знижуючим редуктором. Електромагніти та електродвигуни служать як джерела енергії для приведення в рух вихідного елемента. Знижуючий редуктор використовується для зменшення швидкості руху вихідного елемента до рівня, який дозволяє пряме з'єднання цього елемента (валу або штока) з робочим органом.

Вузли зворотного зв'язку використовуються для введення в систему

регулювання впливу, який пропорційний переміщенню вихідного елемента виконавчого механізму та пов'язаний із робочим органом. Кінцеві вимикачі використовуються для відключення електроприводу виконавчого механізму, коли робочий орган досягає своїх крайніх положень. Це робиться для уникнення можливих пошкоджень механічних частин та обмеження переміщення робочого органу [59].

Розглядаючи виконавчий механізм, його можна уявити як підсилювач потужності, оскільки зазвичай потужність сигналу від регулюючого пристрою недостатня для безпосереднього переміщення робочого органу. Таким чином, виконавчий механізм використовується для посилення цього сигналу в багато разів перед передачею його на робочий орган.

Всі електричні виконавчі механізми, які активно використовуються в сучасних галузях техніки для автоматизації виробничих процесів, можна поділити на дві основні категорії: електромагнітні та електродвигуни.

Електродвигуни, як виконавчі механізми, зазвичай складаються з двигуна, редуктора і, іноді, гальма. Сигнал управління надходить одночасно до двигуна і гальма, гальмо розгальмовується, і двигун приводить в рух вихідний орган. При припиненні сигналу двигун вимикається, а гальмо зупиняє механізм. Проста схема, мале число елементів, що беруть участь у формуванні регулюючого впливу, і високі експлуатаційні характеристики зробили електродвигуни основою для створення виконавчих пристроїв у сучасних промислових системах автоматичного регулювання.

Є виконавчі механізми з некерованими двигунами, які включають керовану електричним сигналом механічну, електричну або гідравлічну муфту, хоча вони не так поширені. Особливість полягає в тому, що ці двигуни працюють безперервно протягом всього часу роботи системи регулювання. Сигнал управління від регулюючого приладу передається робочому органу через керовану муфту.

Виконавчі механізми з керованими двигунами можна поділити на дві категорії залежно від методу управління: з контактним та безконтактним

керуванням.

Електродвигуни виконавчих механізмів із контактним керуванням включаються, відключаються і можуть змінювати напрямок руху за допомогою реле або контактної апаратури. Головна особливість таких механізмів полягає в тому, що швидкість руху вихідного органу не залежить від величини керуючого сигналу. Напрямок руху визначається знаком або фазою цього сигналу. В результаті виконавчі механізми із контактним керуванням зазвичай мають постійну швидкість переміщення робочого органу.

У системах з контактним управлінням електродвигуни використовують імпульсний режим роботи для отримання середньої змінної швидкості переміщення вихідного органу виконавчого механізму.

Більшість виконавчих механізмів, призначених для роботи в схемах з контактним управлінням, використовують реверсивні електродвигуни.

Безконтактні електричні виконавчі механізми вирізняються високою надійністю та дозволяють легко регулювати як постійну, так і змінну швидкість переміщення вихідного органу. Для управління такими механізмами використовують електронні, магнітні або напівпровідникові підсилювачі, а також їх комбінації. У режимі керування підсилювачами з релейним використанням швидкість руху вихідного органу виконавчого механізму є постійною.

Однообертові виконавчі механізми мають вихідний вал, який може здійснювати обертання на повний оборот. Вони відрізняються величиною крутного моменту на вихідному валу та часом для виконання одного повного оберту.

Виконавчі механізми пропорційної дії спроектовані таким чином, щоб у межах, визначених параметрами, робочий орган міг займати будь-яке проміжне положення залежно від величини і тривалості керуючого сигналу. Ці механізми можуть застосовуватися як у системах позиційного контролю, так і в системах з пропорційним, пропорційно-інтегральним і пропорційно-інтегрально-диференціальним регулюванням.

Регулюючий орган повинен задовольняти вимогам, визначеним під час аналізу:

- під час створення системи, що регулює або керує, важливо вибрати правильний регулюючий орган (РО). Це повинно відповідати правилам, які визначають його взаємодію з системою та вимоги до його роботи. Тобто, РО повинен задовольняти налаштованим характеристикам виконавчого пристрою. Вибір РО робиться на етапі проектування системи, де враховуються конкретні умови його використання. При цьому регулюючий орган повинен:

- забезпечувати потрібну швидкість налаштування, яка визначається характеристиками руху системи;

- забезпечувати пряму характеристику впливу (статичну), що означає, що коефіцієнт передачі потужності залишається сталим в усьому діапазоні зміни регульованої величини, та таким чином РО не спотворює обраний закон регулювання;

- зберігати відповідність між переміщенням вихідного елемента та робочим ходом затвора регулюючого органу. Якщо ця відповідність порушується, необхідно коригувати механічний зв'язок між виконавчим механізмом і регулюючим органом, враховуючи коефіцієнт передачі цього зв'язку [60].

4.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі випускної магістерської дипломної роботи запропоновані заходи та засоби з охорони праці та цивільного захисту під час аналізу та розробки шляхів вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах. В процесі виконання пошукових робіт і досліджень на інженерний проєктний персонал впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [61]:

1) фізичні: підвищена запиленість повітря робочої зони; підвищена та знижена температура повітря робочої зони; підвищена та знижена рухомість повітря; підвищена та знижена вологість повітря; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень інфразвукових коливань; підвищений рівень ультразвуку; небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; нестача природного освітлення; недостатнє освітлення робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; прямий і відбитий блиск; підвищена пульсація світлового потоку;

2) психофізіологічні: фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перенавантаження (розумові перенапруги, монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

Технічні рішення з безпеки експлуатації обладнання.

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.

Конструкція робочого місця інженера-проєктувальника повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки та Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року [61], характеру виконуваної роботи та забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою «миша», принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних

особливостей). Площа одного робочого місця інженера обладнаного ПК, повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³.

Живлення силового обладнання проєктної організації та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – без підвищеної небезпеки.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^{\circ}$ від лінії зору, площина екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПВЕ. У приміщені, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Комп'ютери та устаткування для їх обслуговування, ремонту та налагодження повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання

фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПВЕ та Правил пожежної безпеки в Україні. Електромережу штепсельних розеток для живлення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 комп'ютерів, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Під час монтажу та експлуатації необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію. Під час ремонту ліній електромережі шляхом зварювання, паяння та з використанням відкритого вогню необхідно дотримуватися Правил пожежної безпеки в Україні. Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, їх периферійних пристроїв та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання

нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється.

Є неприпустимими: експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками; застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок; застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання; користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання; підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами); використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Електробезпека.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [62, 63]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в

електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) 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.

Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.

Мікроклімат.

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. При цьому потрібно розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони [64]. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні для виконання проєктних робіт наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Нормування параметрів мікроклімату для постійних робочих місць

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату [64] на робочому місці інженера передбачається: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува; провітрювання приміщення.

Склад повітря робочої зони.

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м [65]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [64]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи; встановлення пиловловлюючих засобів.

Виробниче освітлення.

Характеристика зорових робіт – середньої точності [66].

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра. Вимоги щодо освітлення приміщень наведено в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	середній	середній	400	200	4	2,4

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем

напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

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» [67].

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». Рівень звукового тиску наведено в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	2	3	25	50	500	1000	2000	4000	8000
Творча діяльність, конструювання і проектування, програмування	6	1	1	4	9	45	42	40	38

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

Для запобігання вибухонебезпечних ситуацій приймається комплекс заходів, які залежать від виду палива, що використовується.

Для захисту застосовуються автоматичні системи захисту, метою яких є: сигналізація і оповіщення про аварійні ситуації; виведення з передаварійного стану потенційно небезпечного обладнання при порушенні регламентних параметрів (температури, тиску, складу, швидкості); виявлення загазованості виробничих приміщень та автоматичного включення пристроїв, що попереджають про утворення суміші газів і парів з повітрям вибухонебезпечних концентрацій.

Джерелами аварій можуть бути припинення подачі електроенергії, зниження подачі пари і води в трубопроводах, у результаті чого порушується технологічний режим і створюються надзвичайно небезпечні аварійні ситуації. У зв'язку з цим вживаються заходи по надійному забезпеченню енергопостачання обладнання, удосконалення технологічних засобів, що забезпечують його безпечну зупинку і наступний пуск.

Неодмінною умовою надійної безаварійної роботи будь-якого обладнання є висока професійна підготовленість штатного персоналу, а також спеціальних аварійних бригад, які здійснюють ремонт, нагляд та ліквідацію аварій.

Вибуху великих обсягів пилоповітряних сумішей, як правило, передують невеликі місцеві удари і локальні вибухи всередині обладнання і апаратури. При цьому виникають слабкі ударні хвилі, струшуючі і піднімаючі у повітря великі маси пилу, що накопичилися на поверхні підлоги, стін і обладнання. Щоб виключити вибух пилоповітряних сумішей, необхідно не допускати значних скупчень пилу.

Ініціатором практично всіх вибухів газо-, паро-і пилоповітряних сумішей є іскра, тому там, де можливе утворення цих сумішей, необхідно забезпечувати надійний захист від статичної електрики, передбачати заходи проти іскріння електроприладів та іншого обладнання.

Будь-яке обладнання підвищеного тиску повинно бути укомплектовано системами вибухозахисту, які припускають: застосування обладнання, розрахованого на тиск вибуху; застосування гідрозатворів, вогнеперепиначів, інертних або парових завіс; захист апаратів від руйнування під час вибуху за

допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання та інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки і т.п.

4.6 Висновки до розділу

Проаналізовано об'єкт монтажу та визначено: встановити пластинчасті теплообмінники Funke серії FP для забезпечення споживачів необхідними потужностями. Подача гарячої води до теплообмінника здійснюється з допомогою насосної групи, що складається з двох відцентровий, горизонтальний, консольний насосів 8К-12.

Вибрано сталеві електрозварні $\varnothing 168 \times 5$ та $\varnothing 244,5 \times 5$ з спокійної маловуглецевої сталі групи В. З'єднані водопроводи електродуговим зварюванням «встик», в місцях встановлення арматури – на фланцевих з'єднаннях. За діаметрами підібрано запірну арматуру: засувка типу «батерфляй» Ду 300 – дві штуки, вентиль 15нж22нж Ду 200 – дві штуки, запірний вентиль Zetkama 234A Ду 125 – дві штуки, зворотній клапан Zetkama Ду 125 – дві штуки, зворотній клапан Zetkama Ду 150 – дві штуки, кран кульовий Interval Ду 150 – одна штука, засувка типу «батерфляй» Ду 150 – три штуки, зворотній клапан Zetkama Ду 50 – шість штук, кран кульовий Interval Ду 50 – три штуки та засувка типу «батерфляй» Ду 50 дев'ять штук та засувка типу «батерфляй» Ду 100.

Визначено масу основного обладнання і виробів – 12200 кг та масу допоміжних матеріалів і виробів – 690 кг. А також визначено склад і об'єми робіт.

Підібрано тягач DAF XF 106 та тентований напівпричіп з рівною підлогою, а також механізми, пристосувань для монтажних робіт. Маса матеріалів, виробів і обладнання для доставки – 16210 кг. Загальна витрата пального – 9,2 л. Загальна затрата електричної енергії для монтажу – 1101 кВт·год. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 3300 кг.

Було виконано аксонометричну схему турбопроводів – А3, перелік елементів – А4 та календарний план монтажу – А3. Розроблено методику монтажу обладнання котельні на біогазі для котельні потужністю 6,2 МВт.

Було виконано автоматизацію дослідної установки, розглянуто засоби контролю та автоматизації технологічних процесів, точки контролю з виводом на пульт керування.

Підготовлено схему регулювання рівня середовища, вимірювання температури. Діапазон вимірювальних температур складає від 15 до 85 °С. Забезпечено повну автоматизацію управління під час досліду. Виконано функціональну схему автоматизації – А3 та перелік елементів – А4.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці інженера передбачається такі заходи: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува та провітрювання приміщення.

Для забезпечення потрібного складу повітря робочої зони передбачено такі заходи: провітрювання приміщення; встановлення пиловловлюючих засобів.

Для забезпечення достатнього освітлення виконується регулярне очищення скла від бруду (не рідше двох разів на рік), застосовуються жалюзі. За умови нестачі природного освітлення, застосовується загальне штучне освітлення за допомоги світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG".

Для зниження шуму в приміщенні потрібно: безпосередньо біля самого джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали; при покритті стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для зменшення вентиляційного шуму потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Кошторисні документи

Кошторисна документація до магістерської кваліфікаційної роботи складена у відповідності до КНУ Настанова з визначення вартості будівництва. (від 01.11.2021 зі змінами).

Локальні кошториси складаються в поточному рівні цін на трудові і матеріально-технічні ресурси. В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. Загальновиробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Для розрахунку загальновиробничі витрати групуються в три блоки:

- а) засоби на заробітну плату робітників;
- б) відрахування на соціальні заходи;
- в) інші статті загально - виробничих витрат.

Склад, об'єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у четвертому розділі роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та технічні розрахунки.

Кошторисна документація складена за допомогою програмного комплексу АВК.

Локальний кошторис на влаштування внутрішніх санітарно-технічних робіт наведений в таблиці 5.1. Вартість робіт становить 1746,707 тис. грн.

Локальний кошторис на придбання обладнання наведений в таблиці 5.2. Вартість робіт становить 560,544 тис. грн.

Об'єктний кошторис представлений таблиці 5.3. Кошторисна вартість робіт становить 2307,251 тис. грн.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 1

на Внутрішні санітарно-технічні роботи.
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість 1746.707 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 3.04843 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 224.023 тис. грн.
Середній розряд робіт 3.5 розряд

Складений в поточних цінах станом на 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	КБ18-13-1	Установлення насоса 8К-12	1 насос	2.0	11410.19	162.55	22820	3065	325	21.3200	42.64
					1532.69	38.80			78	0.5002	1.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	KM6-281-5	Монтаж теплообмінника пластинчастого Funke FP10-41	Т	0.5	58951.20	1637.28	29476	27032	819	779.8000	389.90
					54063.53	267.52			134	3.0346	1.52
3	KM6-281-5	Монтаж теплообмінника пластинчастого Funke FP22-107	Т	0.73	58951.20	1637.28	43034	39466	1195	779.8000	569.25
					54063.53	267.52			195	3.0346	2.22
4	KM6-281-5	Монтаж теплообмінника пластинчастого Funke FP22-65	Т	0.65	58951.20	1637.28	38318	35141	1064	779.8000	506.87
					54063.53	267.52			174	3.0346	1.97
5	KM6-281-5	Монтаж теплообмінника пластинчастого Funke FP41-75	Т	0.94	58951.20	1637.28	55414	50820	1539	779.8000	733.01
					54063.53	267.52			251	3.0346	2.85
6	КБ18-10-16	Установлення баків розширювальних Flexcon M 6700	1 бак	4.0	217019.69	340.84	868079	7414	1363	27.0600	108.24
					1853.61	95.16			381	1.2173	4.87
7	КБ16-10-2	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 50 мм	100 м трубопро воду	0.236	62043.33	2644.36	14642	1617	624	90.6900	21.40
					6852.54	470.08			111	6.2497	1.47
8	КБ16-10-5	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 100 мм	100 м трубопро воду	0.116	115209.50	3467.68	13364	1042	402	118.9000	13.79
					8984.08	682.46			79	9.0482	1.05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	КБ16-10-7	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електросварних труб діаметром 150 мм	100 м трубопроводу	0.069	169629.60	4433.37	11704	856	306	170.5600	11.77
					12404.83	914.98			63	12.0859	0.83
10	КБ16-10-8	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електросварних труб діаметром 200 мм	100 м трубопроводу	0.039	250779.38	6697.25	9780	782	261	272.2400	10.62
					20039.59	1466.81			57	19.3859	0.76
11	КБ16-10-10	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електросварних труб діаметром 300 мм	100 м трубопроводу	0.271	318063.34	12744.33	86195	7557	3454	378.8400	102.67
					27886.41	2758.37			748	36.4755	9.88
12	КБ16-15-8	Установлення засувки типу "бабочка" Ду 300	шт	2.0	53773.00	577.78	107546	2753	1156	18.7000	37.40
					1376.51	133.99			268	1.7494	3.50
13	КБ16-15-6	Установлення вентиля 15нж22нж Ду 200	шт	2.0	52401.16	334.02	104802	1809	668	12.7300	25.46
					904.59	75.87			152	0.9897	1.98
14	КБ16-15-5	Установлення крану кульового Interval Ду 150	шт	2.0	27009.60	214.87	54019	1393	430	9.9200	19.84
					696.58	48.12			96	0.6287	1.26
15	КБ16-15-5	Установлення засувки типу "бабочка" Ду 150	шт	3.0	20276.62	214.87	60830	2090	645	9.9200	29.76
					696.58	48.12			144	0.6287	1.89
16	КБ16-15-4	Установлення зворотнього клапана Zetkama Ду 125	шт	2.0	12365.68	214.87	24731	1393	430	9.9200	19.84
					696.58	48.12			96	0.6287	1.26
17	КБ16-15-4	Установлення запірного вентиля Zetkama 234A Ду 125	шт	2.0	10361.47	214.87	20723	1393	430	9.9200	19.84
					696.58	48.12			96	0.6287	1.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	КБ16-15-3	Установлення засувки типу "батерфляй" Ду 100	шт	4.0	11181.00	135.89	44724	1225	544	4.2600	17.04
					306.25	29.23			117	0.3809	1.52
19	КБ16-15-2	Установлення крану кульового Interval Ду 50	шт	3.0	2580.78	82.50	7742	526	248	2.4100	7.23
					175.28	14.38			43	0.1814	0.54
20	КБ16-15-2	Установлення зворотнього клапана Zetkama Ду 50	шт	6.0	2468.41	82.50	14810	1052	495	2.4100	14.46
					175.28	14.38			86	0.1814	1.09
21	КБ16-15-2	Установлення засувки типу "батерфляй" Ду 50	шт	9.0	1052.56	82.50	9473	1578	743	2.4100	21.69
					175.28	14.38			129	0.1814	1.63
22	КБ16-29-4	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 400 мм	100 м трубопро воду	0.271	2607.91	23.21	707	201	6	8.2200	2.23
					739.96	1.05			-	0.0150	-
23	КБ16-29-3	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 200 мм	100 м трубопро воду	0.108	1256.11	23.21	136	80	3	8.2200	0.89
					739.96	1.05			-	0.0150	-
24	КБ16-29-2	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 100 мм	100 м трубопро воду	0.116	886.36	23.21	103	86	3	8.2200	0.95
					739.96	1.05			-	0.0150	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	КБ16-29-1	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 50 мм	100 м трубопроводу	0.236	803.53	23.21	190	175	5	8.2200	1.94
					739.96	1.05			-	0.0150	-
26	КБ26-1-5	Ізоляція трубопроводів діаметром від 50 до 300 мм [циліндрами][напівциліндрами][сегментами з пінопласту], товщина ізоляційного шару 40 мм	10м трубопроводу	7.76	643.08	85.43	4990	2539	663	4.7200	36.63
					327.24	23.76			184	0.3192	2.48
Разом прямих витрат по кошторису							1648352	193085	17821		2765.36
									3682		46.83
Разом прямі витрати						грн.	1648352				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	1437446				
вартість ЕММ						грн.	17821				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		3682			
заробітна плата робітників						грн.		193085			
всього заробітна плата						грн.		196767			
Загальновиробничі витрати						грн.	98355				
трудоємність в загальновиробничих витратах						люд-г					236.24
заробітна плата в загальновиробничих витратах						грн.		27256			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього по кошторису				грн.	1746707				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					3048.43
		Кошторисна заробітна плата				грн.		224023			

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-001-002

на придбання устаткування.
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: Кошторисна вартість 560.544 тис. грн.
креслення(специфікації)№ Кошторисна трудомісткість - тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата - тис. грн.
Середній розряд робіт розряд

Складений в поточних цінах станом на 5 грудня 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	C130-360	Пластинчатий теплообмінник Funke FP10-41	шт	1.0	122464.91		122465				
2	C130-361	пластинчатий теплообмінник Funke FP22-107	шт	1.0	133523.36		133523				
3	C130-362	Пластинчатий теплообмінник Funke FP22-65	шт	1.0	147374.28		147374				
4	C130-363	Пластинчатий теплообмінник Funke FP41-75	шт	1.0	157182.33		157182				
		Разом прямих витрат по кошторису					560544				
		Разом прямі витрати				грн.	560544				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	560544				
		Всього по кошторису				грн.	560544				

Таблиця 5.3 -Об'єктний кошторис № 02-001

Кошторисна вартість 2307.251 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 3.04843 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 224.023 тис. грн.
Вимірник одиничної вартості _____

Складений в поточних цінах станом на 5 грудня 2023 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудо-місткість, 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	02-001-001	загально-будівельні роботи	1746.707		1746.707	3.04843	224.023	
2	02-001-002	придбання устаткування	560.544		560.544	-		
		Всього по кошторису	2307.251		2307.251	3.04843	224.023	

Склад _____

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

5.2 Загальні техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники роботи визначаються сумарними характеристиками. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення. Значення основних техніко-економічних показників наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Техніко-економічні показники

Назва показника	Одиниця виміру	Величина показника
Кошторисна вартість робіт	тис. грн	2307,251
Загальна кошторисна трудомісткість	люд-год	30484
Середній розряд робіт	розряд	3,9
Загальна довжина трубопроводів	м	77,6
Вартість матеріалів	тис.грн	1998,01
Загальна кошторисна зарплата	тис. грн	224,023

5.3 Висновки до розділу

Було визначено основні величини техніко-економічних показників, складена кошторисна документація: локальні кошториси, об'єктний кошторис за допомогою кошторисної програми АВК. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 2307,251 тис. грн.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено модельну рідину при охолодженні та інтенсивність теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation. Виявлено, що існують закономірні теплові режими. Через, що можна покращити експериментальні розрахункові методи при визначення інтенсивності теплообміну в складних рідинних системах з невизначеними теплофізичними властивостями. Розроблено технологію монтажу обладнання котельні на біогазі.

Система «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» була вивчена в умовах нестационарних теплових процесів [9].

Аналіз експериментальних даних підтвердив можливість реалізації регулярного теплового режиму в цій системі, що поліпшує надійність прогнозування інтенсивності теплообміну в складних середовищах.

Злам прямих $\ln v = f(\tau)$ вказує на початок перетворення кислого молока на двофазне середовище сироватку та сирну масу.

При порівнянні результатів розрахованими за експериментально-розрахунковим методом та установки в SolidWorks модулі Flow Simulation. Було встановлено, що при нагріванні розбіжність середнього значення температури стінки не перевищує 25%, а розбіжність середнього коефіцієнта тепловіддачі становить не більше 11%. При охолодженні розбіжність середнього значення температури стінки не перевищує 7%, а розбіжність середнього коефіцієнта тепловіддачі становить не більше 31%. Усі розбіжності знаходяться в межах допустимого відхилення.

Проаналізовано об'єкт монтажу та визначено: встановити пластинчасті теплообмінники Funke серії FP для забезпечення споживачів необхідними потужностями. Подача гарячої води до теплообмінника здійснюється з

допомогою насосної групи, що складається з двох відцентровий, горизонтальний, консольний насосів 8К-12.

Визначено масу основного обладнання і виробів – 12200 кг та масу допоміжних матеріалів і виробів – 690 кг. Також визначено склад і об'єми робіт.

Підібрано тягач DAF XF 106 та тентований напівпричіп з рівною підлогою, а також механізми, пристосувань для монтажних робіт. Маса матеріалів, виробів і обладнання для доставки – 16210 кг. Загальна витрата пального – 9,2 л. Загальна затрата електричної енергії для монтажу – 1101 кВт·год. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 3300 кг.

Виконано автоматизацію дослідної установки, розглянуто засоби контролю та автоматизації технологічних процесів, точки контролю з виводом на пульт керування. Підготовлено схему регулювання рівня середовища, вимірювання температури. Діапазон вимірювальних температур складає від 15 до 85 °С. Забезпечено повну автоматизацію управління під час досліду.

Для забезпечення за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці інженера передбачається: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува; провітрювання приміщення. Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи; встановлення пиловловлюючих засобів.

Для зниження шуму в приміщенні потрібно: безпосередньо біля самого джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали; при покритті стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для зменшення вентиляційного шуму потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Було визначено основні величини техніко-економічних показників, складена кошторисна документація: локальні кошториси, об'єктний кошторис за допомогою кошторисної програми АВК. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 2307,251 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Задоян В. О. Темп охолодження (нагрівання) соняшникової олії в різних шарах по висоті циліндричного об'єму : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 10-12 березня 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12712/10695> (дата звертання: 06.10.2023)
2. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Задоян В. О. Дослідження нестационарного теплообміну в умовах вимушеної конвекції : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 09 листопада – 14 травня 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/viewFile/13278/11141> (дата звертання: 06.10.2023)
3. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Степанова Н. Д., Резидент Н. В., Задоян В. О. Охолодження рідинного тіла, коефіцієнт нерівномірності розподілу температур : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 23-25 листопада 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/13995/11858> (дата звертання: 06.10.2023)
4. Лялюк О. Г., Задоян В. О. Технічно-економічне обґрунтування монтажу системи постачання біогазу в котельні : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 30-31 травня 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15649/13143> (дата звертання: 07.10.2023)
5. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Задоян В. О. Типи біогазових установок : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 23-25 березня 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16739/13961> (дата звертання: 07.10.2023)
6. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Задоян В. О. Компоненти субстратів для біогазового виробництва : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 23-25 березня 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16798/13996> (дата звертання: 07.10.2023)
7. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Задоян В. О. Ознаки методу регулярного

- теплового режиму в системі «Вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – рідинне середовище в циліндричній ємності» : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 11-13 березня 2020 р. Вінниця, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/8925/7402> (дата звертання: 07.10.2023)
8. Власенко О. В., Задоян В. О. Використання мови програмування Visual Basic for Applications для обробки експериментальних даних : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 11-12 листопада 2020 р. Вінниця, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/viewFile/10927/9212> (дата звертання: 07.10.2023)
 9. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Коваль Д. М., Задоян В. О. Зміна темпу охолодження гетерогенної рідкої системи за умов трансформації її структури : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 13-15 березня 2019 р. Вінниця, 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7144/6426> (дата звертання: 07.10.2023)
 10. С. Й. Ткаченко, О. В. Власенко, Біогазові технології. Регулярний тепловий режим : монографія / – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 132 с.
 11. Г. Г. Гелетуша та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. Київ, «Аграр Медіа Груп», 2010, 166 с.
 12. С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів. Вінниця : ВНТУ, 2017, 148 с.
 13. Г. Г. Гелетуша Науково-технічні засади виробництва енергії з біологічних видів палива : дис. докт. техн. наук : 05.14.08. Інститут технічної теплофізики НАН України. Київ, 2021. 329 с.
 14. С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, «Математичне моделювання робочих процесів в біогазовій установці», Вісник ВПІ. 2011. № 3. С. 40– 47.
 15. С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, Н. В. Резидент, «Удосконалення експериментально-розрахункового методу», Збірник технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. 2010. № 2. С. 171 – 183.

16. Спосіб визначення коефіцієнта тепловіддачі за умов конвективного теплообміну органічної суміші. пат. 97021 Україна. №a201005661; заявл. 11.05.2010; опубл. 26.05.2011, Бюл. № 2. 5 с.
17. С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова, «Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Тепломасообмін і гідродинаміка багатокомпонентних середовищ» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності «Теплоенергетика». Вінниця : ВНТУ, 2018. 52 с.
18. G. Geletukha, P. Kucheruk, Y. Matveev, «Prospects of biomethane production and use in Ukraine», UABio Position Paper. 2014. № 11.
19. S. Tkachenko, O. Vlasenko, N. Resident, D. Stepanov, N. Stepanova, «Cooling and heating of the fluid in the cylindrical volume», Acta Innovations, 2021, No. 42, P. 15-26. doi: 10.32933/ActaInnovations.42.2.
20. Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, 6th Edition. URL: <https://ostad.nit.ac.ir/payaidea/ospic/file8973.pdf> (дата звертання: 11.10.2023)
21. Yamaguchi, H. Non-Newtonian Fluid and Flow. In: Engineering Fluid Mechanics. Fluid Mechanics and Its Applications, vol 85. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6742-6_7 (дата звертання: 11.10.2023)
22. С. Й. Ткаченко, Т. Ю. Румянцева, Н. В. Пішеніна, «Визначення параметрів «віртуальної модельної рідини» для оцінки інтенсивності теплообміну в реальних умовах тепло технології», Енергетика: економіка, технології, екологія, 2014. № 1(35), с. 27–35.
23. Пішеніна Н. В. Удосконалення методу визначення інтенсивності теплообміну в енергоефективних системах переробки органічних відходів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06 "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика" / Пішеніна Надія Володимирівна ; НУХТ. – Київ : 2013. - 27 с. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/7886> (дата звертання 13.10.2023).
24. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В., Денесяк Д. І. Експериментальне дослідження нестационарного теплообміну в суміші. Наукові праці

- Вінницького національного технічного університету. 2018. № 1. ISSN 2307-5376 URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/562/538> (дата звернення: 19.10.2023).
25. Tkachenko S. I., Pishenina N. V., Rumyantseva T. Yu. Processes of Heat Transfer in Rheologically Unstable Mixtures of Organic Origin has now been published in the following paginated issue. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2014. Vol. 87, Is. 3. P. 721–728.
26. Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. DeWitt Introduction to Heat Transfer, 6th Edition. URL: <https://ia800207.us.archive.org/31/items/bzbzbzHeatTrans/Heat%20and%20Mass%20Transfer/Bergman%2C%20Incropera/Introduction%20to%20Heat%20Transfer%206e%20c.2011%20-%20Bergman%2C%20Incropera.pdf> (дата звернення: 21.10.2023).
27. Ткаченко С. Й., Власенко О. В. Дослідження темпу нагрівання гетерогенного рідкого середовища. Науково-технічний журнал «Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві». 2019. № 1. С. 127 – 133.
28. Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th Edition. URL: <https://hyominsite.files.wordpress.com/2015/03/fundamentals-of-heat-and-mass-transfer-6th-edition.pdf> (дата звернення: 21.10.2023).
29. Tkachenko S. Cooling and heating of the fluid in the cylindrical volume [Electronic resource] / S. Tkachenko, O. Vlasenko, N. Rezydent, D. Stepanov, N. Stepanova // Acta Innovations. - 2022. - no. 42. - P. 15-26 — Mode of access: https://www.proakademia.eu/gfx/proakademia2014/userfiles/_public/acta_innovations/wydanie_42/42_final/42_final.pdf (дата звертання 02.11.2023)
30. Чепурний М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
31. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 113 с.
32. URL: <https://funke.one/> (дата звертання 12.11.2023)

33. Батерфляй Ду 300. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/genebre/zadvizhka-batterflyay-genebre-2108-s-nerzhaveyushchim-diskom.pdf>
(дата звертання 14.11.2023)
34. Вентиль 15нж22нж Ду200. URL: <https://slemz.com.ua/zapirka/ventyli/dy-200-ua/ventyl-dy200-ry40-15nzh22nzh> (дата звертання 14.11.2023)
35. Клапан зворотний фланцевий з кулею Zetkama 400 Ду 150. URL: https://armashop.ua/content/uploads/files/zetkama/klapan_obratnyu_s_sharom_zetkama_400_katalog.pdf (дата звертання 14.11.2023)
36. Кран кульовий Interval Ду 150. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/interval/kran-sharovuuy-interval.pdf> (дата звертання 14.11.2023)
37. Батерфляй Ду 150. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/genebre/zadvizhka-batterflyay-genebre-2108-s-nerzhaveyushchim-diskom.pdf>
(дата звертання 14.11.2023)
38. Клапан зворотний фланцевий з кулею Zetkama 400 Ду 125. URL: https://armashop.ua/content/uploads/files/zetkama/klapan_obratnyu_s_sharom_zetkama_400_katalog.pdf (дата звертання 14.11.2023)
39. Вентиль запірний ду125. URL: <https://zetkama.kiev.ua/ua/ventil-flantsevyj-silfonnyj-zetkama-234a-du-125> (дата звертання 14.11.2023)
40. Батерфляй Ду 100. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/genebre/zadvizhka-batterflyay-genebre-2108-s-nerzhaveyushchim-diskom.pdf>
(дата звертання 14.11.2023)
41. Клапан зворотний фланцевий з кулею Zetkama 400 Ду 50. URL: https://armashop.ua/content/uploads/files/zetkama/klapan_obratnyu_s_sharom_zetkama_400_katalog.pdf (дата звертання 14.11.2023)
42. Кран кульовий Interval Ду 50. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/interval/kran-sharovuuy-interval.pdf> (дата звертання 14.11.2023)
43. Батерфляй Ду 50. URL: <https://armashop.ua/content/uploads/files/genebre/zadvizhka-batterflyay-genebre-2108-s-nerzhaveyushchim-diskom.pdf>
(дата звертання 14.11.2023)
44. ДБН Д.2.2-18-99 Отопление - внутренние устройства – ДБНУ. URL:

- <https://budinfo.org.ua/doc/1808463.jsp> (дата звертання 16.11.2023)
45. ДБН Д.2.3-12-99. Технологические трубопроводы – ДБНУ. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_d_2_3_12_99/1-1-0-859 (дата звертання 16.11.2023)
46. ДБН Д.2.2-26-99 Теплоизолир_роботи – ДБНУ. URL: https://dnaop.com/html/29516_12.html (дата звертання 16.11.2023)
47. ДБН Д.2.2-16-99_внутренние трубопроводы – ДБНУ. URL: https://dnaop.com/html/29507_9.html (дата звертання 16.11.2023)
48. URL: https://anvay.ru/size_truck (дата звертання 17.11.2023)
49. URL: https://auto.ria.com/uk/auto_daf_xf_106_33264500.html (дата звертання 17.11.2023)
50. URL: <https://zapchasti-chagatay.com.ua/obzor-sedelnogo-tyagacha-daf-xf-106-4x2.html> (дата звертання 17.11.2023)
51. URL: <https://air.com.ua/pto/lebedki/montazhnye/lm-3-2/> (дата звертання 17.11.2023)
52. URL: <https://kozakplus.ua/products/transport-store-equipment/hand-pallet-truck/df-25> (дата звертання 17.11.2023)
53. URL: <https://dnipro-m.ua/ru/tovar/zvaruvalnij-aparat-sab-17dfb-2021/> (дата звертання 17.11.2023)
54. URL: <https://dnipro-m.ua/ru/tovar/zvaruvalnij-aparat-sab-17dfb-2021/> (дата звертання 17.11.2023)
55. URL: <https://voltar.com.ua/ua/shop/ruchnoi-opressovshchik-rems-push.html> (дата звертання 17.11.2023)
56. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/shlifmashina-uglovaya-gl-240/?tab=characteristics> (дата звертання 17.11.2023)
57. Щербіна Г. С. Основи теорії автоматичного управління. Частина 1. Лінійні АСУ. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2001. 80 с.
58. Правила виконання схем автоматизації. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/Схема_автоматизації_функціональна (Дата звертання: 19.11.2023.)

59. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологі-чні основи автоматизації теплотехнічних установок» / Уклад. Н. В. Резидент. Вінниця : ВНТУ, 2018. 38 с.
60. Левицький С. М., Розводюк М. П. Елементи систем автоматизації та електро-приводу: навч. посібн. Вінниця: ВНТУ, 2011. 76 с.
61. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
62. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
63. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звертання 10.11.2023) (дата звертання 25.11.2023)
64. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
65. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звертання 26.11.2023)
66. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звертання 27.11.2023)
67. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звертання 27.11.2023)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник професор кафедри ТЕ, д.т.н. Ткаченко С.Й.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	85,3
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	14,7

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 З.Вас
(підпис)

Задоян В.О.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

опустити роботу Задояна В.О. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

Особа, відповідальна за перевірку [підпис]
(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

експерт [підпис]
(підпис)

[підпис]
(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б (обов'язковий).
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

УЗГОДЖЕНО



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

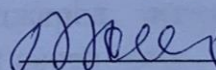
на магістерську кваліфікаційну роботу

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ВИРОБЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ
БІОГАЗУ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

08-15.МКР.002.00.00.000 ТЗ

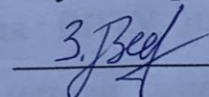
Керівник роботи:

д.т.н., професор

 Ткаченко С. Й.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-22м

 Задоян В. О.

Вінниця 2023

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується теплообміну багатокомпонентних сумішей, що дозволить краще визначати інтенсивності теплопередачі при нестационарному теплообміні для підвищення ефективності біогазових установок, що сприятиме переходити підприємствам на біогаз.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, наказ ректора ВНТУ про затвердження МКР № 247 від «18» вересня 2023 року.

3 Мета і призначення розробки

Вдосконалення експериментальних розрахункових методів визначення інтенсивності теплообміну в складних рідких сумішах з невизначеними теплофізичними властивостями. Для підвищення ефективності БГУ та використанням теплоти отриманої від спалювання біогазу на опалення, абсорбційну холодильну машину, гаряче водопостачання та біогазову установку.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дані літературних джерел, інтернет джерел та інші технічні матеріали про теплообмін трифазних середовищ.

1. С. Й. Ткаченко, О. В. Власенко, Біогазові технології. Регулярний тепловий режим : монографія / – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 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. Ткаченко С. Й., Власенко О. В. Дослідження темпу нагрівання гетерогенного рідкого середовища. Науково-технічний журнал «Сучасні

- технології матеріали і конструкції в будівництві». 2019. № 1. С. 127 – 133.
4. Ткаченко С. Й., Власенко О. В., Коваль Д. М., Задоян В. О. Зміна темпу охолодження гетерогенної рідкої системи за умов трансформації її структури : наук.-техн. Конф., м. Вінниця, 13-15 березня 2019 р. Вінниця, 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7144/6426>

5 Технічні вимоги

5.1 Технічні характеристики

- висота більшої посудини0,139 м;
- радіус більшої посудини0,099 м;
- висота меншої посудини0,1195 м;
- зовнішній радіус меншої посудини0,05 м;
- внутрішній радіус меншої посудини0,0497 м;
- рівень рідини0,1 м;
- внутрішня ізоляція для меншої посудини:
 - товщина 0,0025 м;
 - діаметр 0,1 м.

5.2 Вимоги до стандартизації та уніфікації.

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

5.3 Вимоги з надійності

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

6 Економічні вимоги

Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Розрахувати загальну кошторисну вартість робіт монтажу обв'язки теплообмінників у котельні, що працює на біогазі.

7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної	22.09.23...09.10.23	
2	Регулярний тепловий режим в експериментальній установці	10.10.23...27.10.23	
3	Дослідження інтенсивності теплообміну в експериментальній установці з використанням CFD-пакета SolidWorks Flow Simulation	28.10.23...10.11.23	
4	Розробка технології монтажу обладнання котельні та схеми автоматизації експериментальної установки	11.11.23...24.11.23	
5	Охорона праці	25.11.23...01.12.23	
6	Техніко-економічні показники проєктних рішень	02.12.23...05.12.23	
7	Оформлення МКР	06.12.23...10.12.23	
8	Попередній захист МКР	11.12.23...13.12.23	
9	Захист МКР	14.12.23...21.12.23	

Дата видачі завдання «___» _____ 2023 р.

Крайні терміни виконання «___» _____ 2023 р.

8 Порядок контролю і приймання

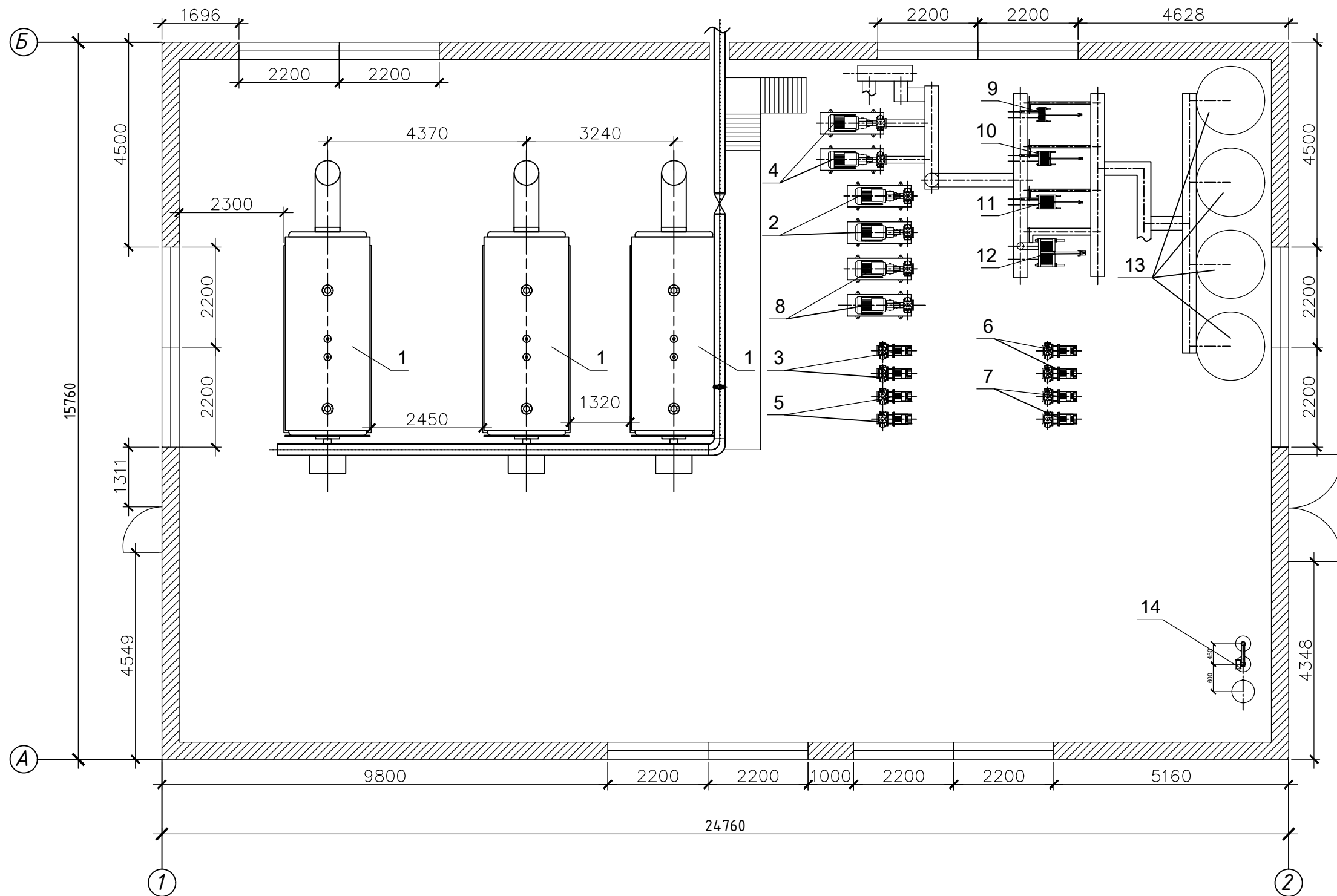
Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється керівником МКР згідно графіком виконання. Приймання МКР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ВИРОБЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ
БІОГАЗУ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

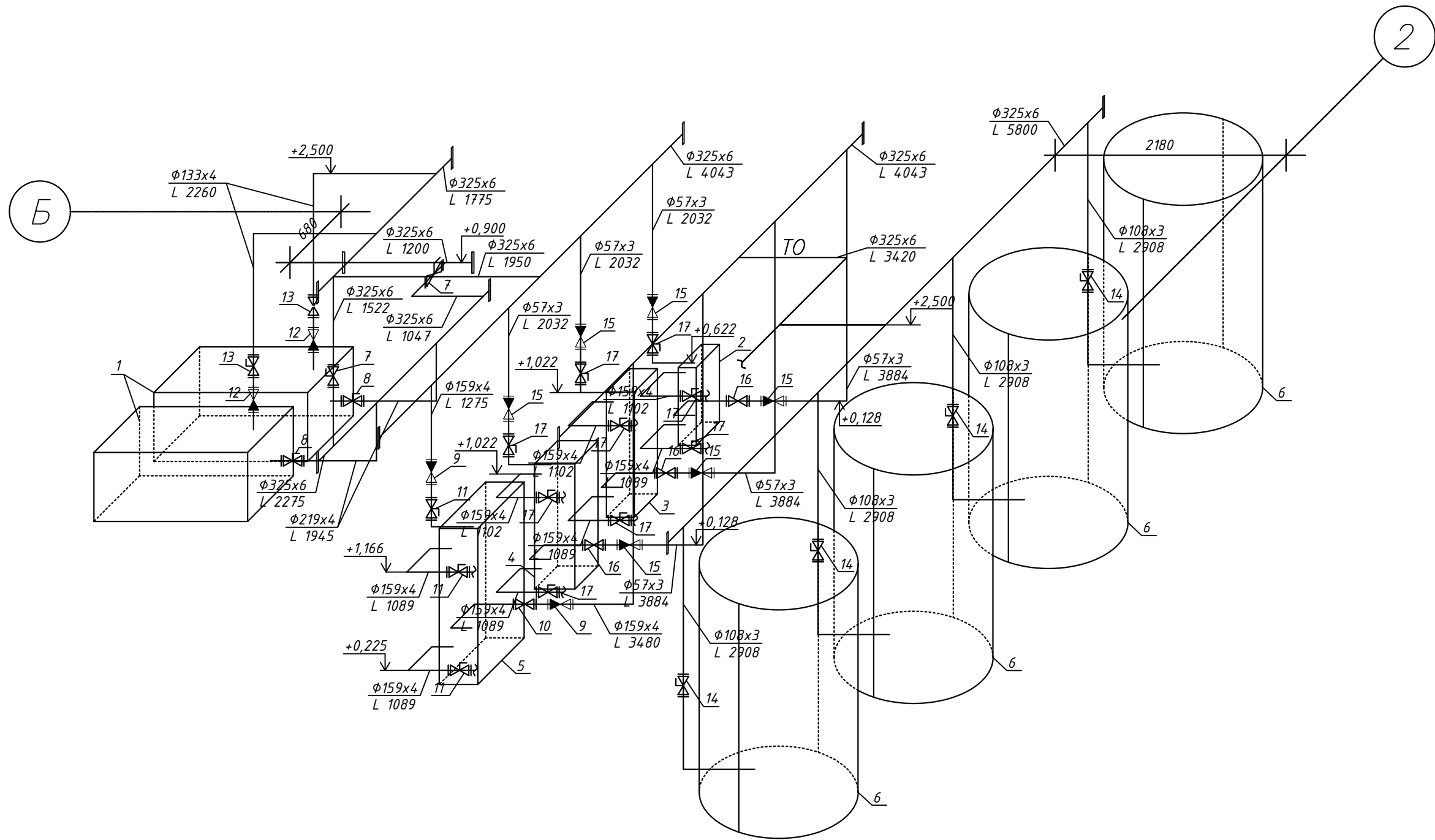


Інв. № ориг.	Підпис і дата	Взам. інв. №
--------------	---------------	--------------

				08-15.МКР.002.01.00.000 АР			
				м. Вінниця			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Задоян В.О.		11.12.23			1	2
Перевір.	Ткаченко С.Й.		11.12.23				
Т. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23				
Опонент	Христич О.В.		11.12.23				
Н. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23				
Затверд.	Степанов Д.В.		11.12.23	План котельні з розташуванням обладнання та трубопроводів		ВНТУ, ТЕ-22М	

Копіював

Формат А3



Інв.№ ориг.	Підпис і дата	Взам.інв.№

08-15.МКР.002.02.00.000 Г5				м. Вінниця			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Шляхи вирішення проблем вироблення та використання біогазу в теплотехнологічних процесах	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Задоян В.О.		11.12.23		1	2	2
Перевір.	Ткаченко С.Й.		11.12.23				
Т. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23				
Опонент	Христич О.В.		11.12.23				
Н. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23	Схема монтажна аксонометрична			
Затверд.	Степанов Д.В.		11.12.23	ВНТУ, ТЕ-22М			

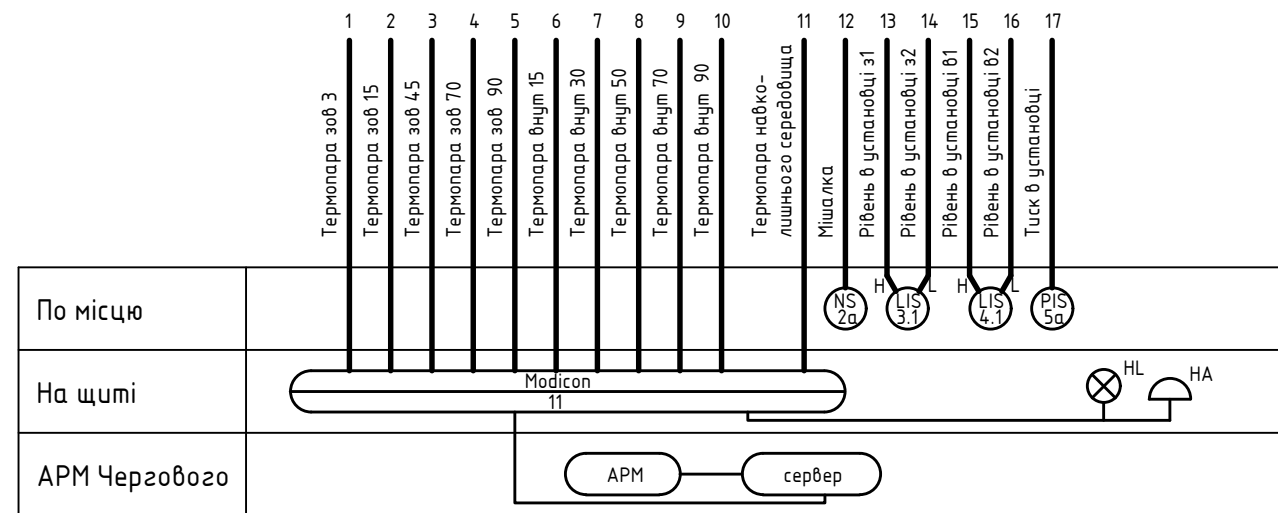
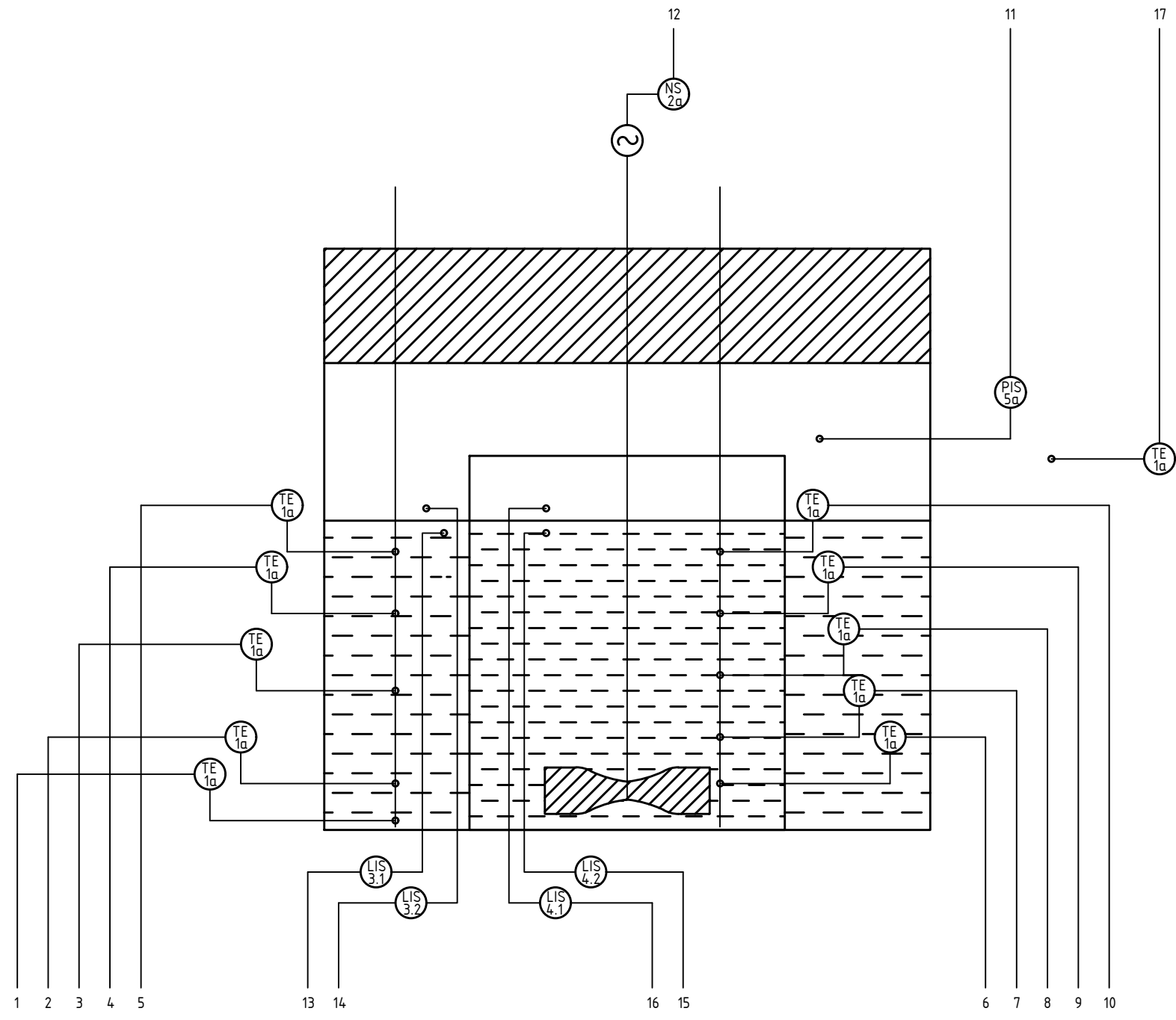
Копіював

Формат А3

Позначення	Найменування	Кіль.	Прим.
	Обладнання		
1	Насос 8К-12 відцентровий, горизонтальний	2	шт
2	Пластинчастий теплообмінник Funke FP10-41	1	шт
3	Пластинчастий теплообмінник Funke FP22-65	1	шт
4	Пластинчастий теплообмінник Funke FP22-107	1	шт
5	Пластинчастий теплообмінник Funke FP41-75	1	шт
6	Розширювальний бак Flexcon M 6700 – 10.0 bar	4	шт
7	Засувка типу «батерфляй» Ду 300	2	шт
8	Вентиль 15нж22нж Ду 200	2	шт
9	Зворотній клапан Zetkama Ду 150	2	шт
10	Кран кульовий Interval Ду 150	1	шт
11	Засувка типу «батерфляй» Ду 150	3	шт
12	Зворотній клапан Zetkama Ду 125	2	шт
13	Запірний вентиль Zetkama 234A Ду 125	2	шт
14	Засувка типу «батерфляй» Ду 100	4	шт
15	Зворотній клапан Zetkama Ду 50	6	шт
16	Кран кульовий Interval Ду 50	3	шт
17	Засувка типу «батерфляй» Ду 50	9	шт
18	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 325x6	27,1	м
19	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 219x4	3,89	м
20	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 159x4	6,93	м
21	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 133x4	4,52	м
22	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 108x3	11,63	м
23	Труба сталева водопровідна ДСТУ 8943:2019, 57x3	23,56	м

Взам.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ориг.	

08-15.МКР.002.02.00.000					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Задоян В.О.		11.12.23	
Перевір.		Ткаченко С.І.		11.12.23	
Опонент		Христинч О.В.		11.12.23	
Н. контр.		Ткаченко С.І.		11.12.23	
Затверд.		Степанов Д.В.		11.12.23	
Схема монтажна аксонометрична			Стадія	Аркуш	Аркушів
				2	2
			ВНТУ, ТЕ-22М		



Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Задоян В.О.		11.12.23
Перевір.	Ткаченко С.Й.		11.12.23
Т. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23
Опонент	Христич О.В.		11.12.23
Н. контр.	Ткаченко С.Й.		11.12.23
Затверд.	Степанов Д.В.		11.12.23

08-15.МКР.002.04.00.000 А2

Функціональна схема
автоматизації
експериментальної установки

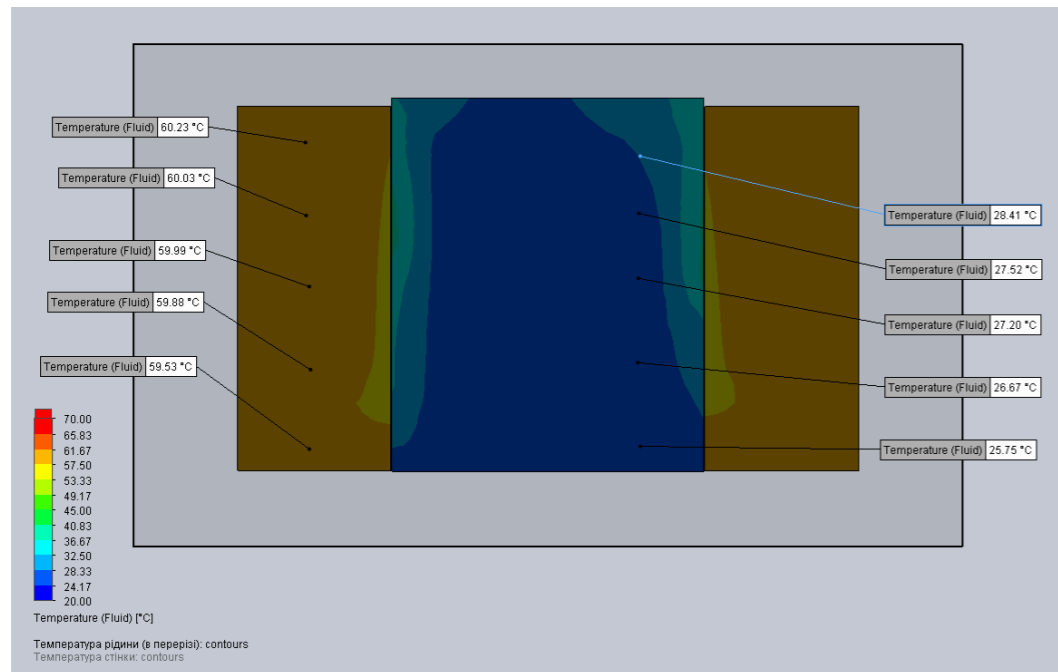
Стадія	Маса	Масштаб
Аркуш 1	Аркушів 2	

ВНТУ, ТЕ-22М

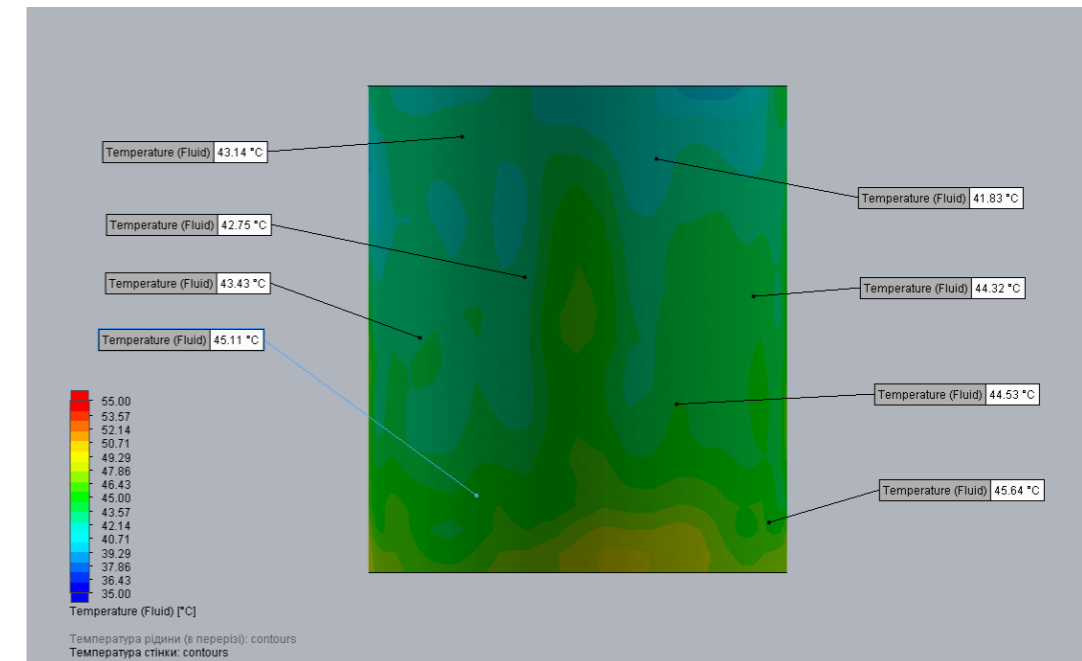
Інв.№ орг.	Підпис і дата	Взам.інв.№

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ НАГРІВАННІ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ CFD-ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

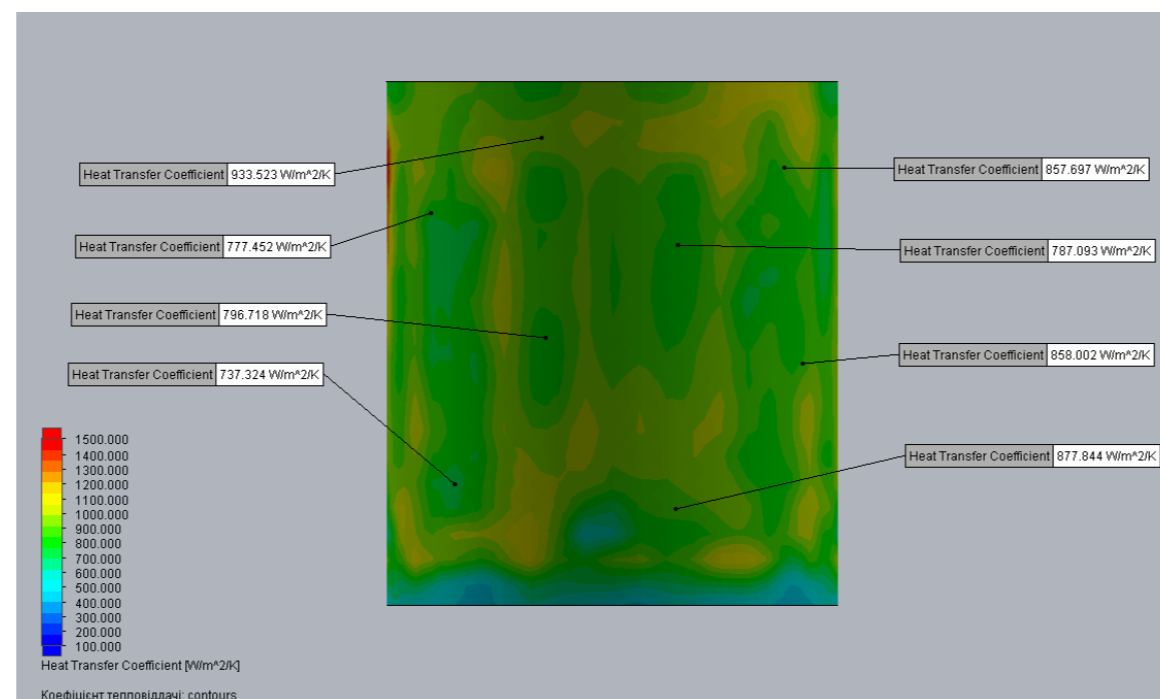
Температура рідини при нагріванні в перерізі експериментальної установки



Температура стінки тонкої металевої циліндричної стінки при нагріванні

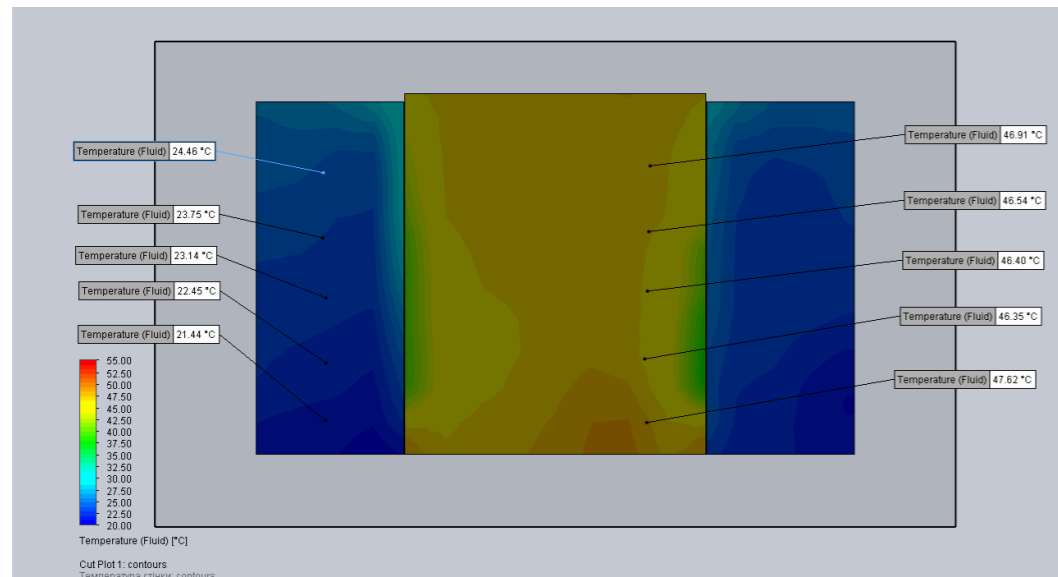


Коефіцієнт тепловіддачі тонкої металевої циліндричної стінки при нагріванні

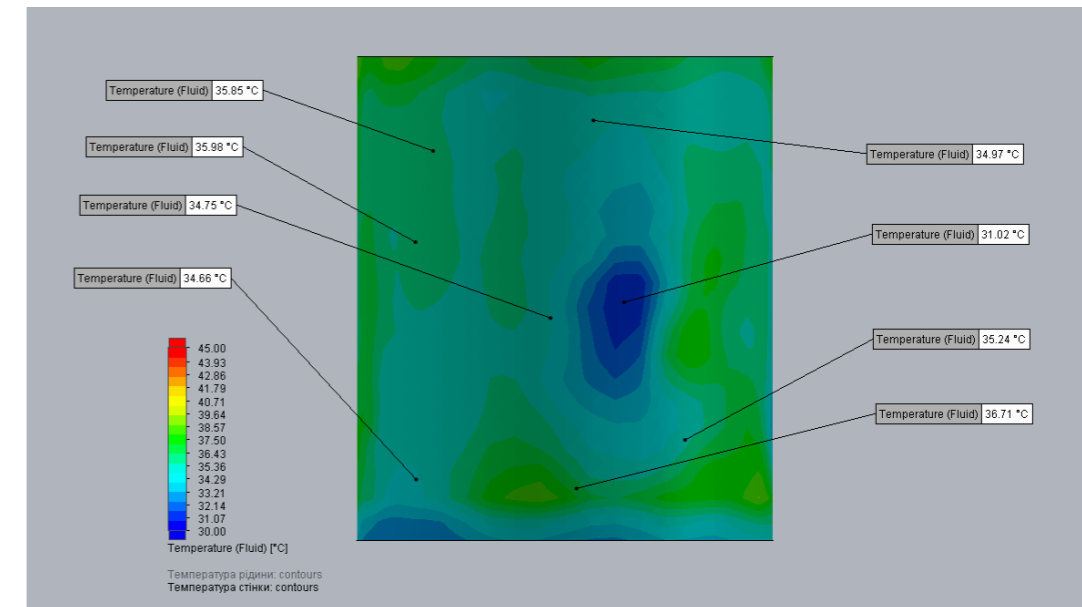


РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОБМІНУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ CFD-ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Температура рідини при охолодженні в перерізі експериментальної установки



Температура стінки тонкої металевої циліндричної стінки при охолодженні



Коефіцієнт тепловіддачі тонкої металевої циліндричної стінки при охолодженні

