МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції теплових мереж»

Виконав: студент II курсу,
групи 8.1443-[illegible]
спеціальності теплоенергетика
освітньої програми теплоенергетика
Гаркуша Олександр Костянтинович
(прізвище та ініціали)

Керівник проф. каф. д.е.н., Паршин Ю. І.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Воляр Р.М.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

«____» _____ 20____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Гаркуші Олександру Костянтиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції теплових мереж».
Керівник роботи проф. каф, д.е.н., Паршин Юрій Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» вересня 2024 року №1485-с
2. Строк подання студентом роботи 12 грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: теплові мережі на прикладі м. Вільнянськ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Класифікація систем теплопостачання. 1.1 Огляд існуючих теплових мереж та трубопроводи. 1.2 Втрати теплової енергії під час передачі. 1.3 Втрати тепла на ділянці його транспортування до споживача. 1.4 Втрати на об'єктах споживачів тепла. 1.5 Теплова ізоляція. 1.6 Теплоізоляційні матеріали. 2. Особливості визначення теплових втрат у міських мережах теплопостачання. 2.1 Основні термодинамічні рівняння для визначення теплових втрат. 2.2 Вплив експлуатаційних факторів на теплові втрати трубопроводом. 2.3. Визначення питомої теплової втрати

тепломережі. 2.4. Розрахунок втрат теплової енергії при транспорту теплоносія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'яз креслень): Титульний аркуш, мета та завдання роботи, Класифікація теплопостачання, Втрати теплової енергії під час передачі, Втрати тепла на ділянці транспортування, Теплоізоляційні конструкції, Особливості визначення теплових в міських мережах теплопостачання, Визначення теплових втрат, Оцінка питомих те втрат, Результати визначення питомих втрат тепломережі, Визначення втрат тепла при транспортуванні, Методи зниження теплових втрат, Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Паршин Ю.І. ,проф. каф. ЕІ та КС		
Розділ 2	Паршин Ю.І. ,проф. каф. ЕІ та КС		
Розділ 3	Паршин Ю.І. ,проф. каф. ЕІ та КС		
Розділ 4	Паршин Ю.І. ,проф. каф. ЕІ та КС		

7. Дата видачі завдання 01.03. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Опис класифікації системи теплопостачання. Огляд існуючих теплових мереж та трубопроводи. Втрати теплової енергії під час передачі. Втрати тепла на ділянці його транспортування до споживача	**28.04.2024**	
2	Особливості визначення теплових втрат у міських мережах теплопостачання	**10.07.2024**	
3	Основні термодинамічні рівняння для визначення теплових втрат	**19.08.2024**	
4	Вплив експлуатаційних факторів на теплові втрати трубопроводом	**12.11.2024**	
5	Розрахунок втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія	**28.11.2022**	

Студент _____ О.К. Гаркуша
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Ю.І. Паршин
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ С.В. Башлій
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Гаркуша О.К. «Дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції теплових мереж».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Науковий керівник – професор кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, доктор економічних наук. Паршин Ю.І. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024 р.

Мета роботи – дослідження методики розрахунку та оцінки втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції теплових мереж для вдосконалення існуючих технологій аналізу теплових втрат.

Проведено аналіз теоретичних даних щодо визначення теплових втрат у трубопроводах різного призначення.

Удосконалена методика визначення теплових втрат в мережах теплопостачання, що дозволяє враховувати не тільки способи прокладання та конфігурацію трубопроводів, але й зміну теплозахисних властивостей ізоляції в процесі її експлуатації.

Проведено порівняльний аналіз впливу експлуатаційних факторів на величину теплових втрат трубопроводом, а також дано рекомендації щодо оптимізації теплових втрат через теплоізоляцію обраної конструкції водяної мережі.

Ключові слова: ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ, РОБОЧЕ ТІЛО, ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ, СПОЖИВАЧІ, ТЕПЛО

ANNOTATION

Harkusha O.K. "Research and assessment of heat losses through thermal insulation structures of heating networks".

Qualification final work for obtaining a higher education degree of master in specialty 144 "Heat power engineering". Scientific advisor - professor of the Department of Electrical Engineering and Cyber-physical Systems, Doctor of Economics. Parshin Y.I. Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebnia Zaporizhia National University. Department of Electrical Engineering and Cyber-physical Systems, 2024.

The purpose of the work is to study the methodology of calculating and evaluating heat losses through heat-insulating structures of heat networks for the improvement of existing technologies of heat loss analysis.

An analysis of theoretical data on the determination of heat losses in pipelines of various purposes was carried out.

The method of determining heat losses in heat supply networks has been improved, which allows taking into account not only the methods of laying and the configuration of pipelines, but also the change in the heat-shielding properties of the insulation during its operation.

A comparative analysis of the influence of operational factors on the amount of heat loss through the pipeline was carried out, as well as recommendations for optimizing heat loss due to thermal insulation of the selected structure of the water network.

Keywords: HEAT NETWORKS, WORKING BODY, HEAT LOSS, HEAT CONDUCTIVITY, CONSUMERS, HEAT

ЗМІСТ

ВСТУП……. 8
1 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 10
1.1 Огляд існуючих теплових мереж та трубопроводи 18
1.2 Втрати теплової енергії під час передачі 21
1.3 Втрати тепла на ділянці його транспортування до споживача 24
1.4 Втрати на об'єктах споживачів тепла 26
1.5 Теплова ізоляція 27
1.6 Теплоізоляційні матеріали 28
Висновки до розділу 1…….. 32
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ У МІСЬКИХ МЕРЕЖАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 33
2.1 Основні термодинамічні рівняння для визначення теплових втрат. 36
2.2 Вплив експлуатаційних факторів на теплові втрати трубопроводом. 47
2.3. Визначення питомої теплової втрати тепломережі. 49
2.4. Розрахунок втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія. 53
Висновки до розділу 2……. 61
3 ОХОРОНА ПРАЦІ…… 62
3.1 Основні шкідливі і небезпечні фактори……. 62
3.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів……. 67
3.3 Виробнича санітарія ……. 68
3.4 Природне і штучне освітлення…….. 70
3.5 Розрахунок кількості світильників методом коефіцієнта використання…... 73
3.6 Електробезпека…… 76
3.7 Пожежна безпека…… 77
3.8 Засоби індивідуального захисту……. 78
Висновки до розділу 3…….. 79
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА……..... 80
4.1. Організація виконання науково-дослідної роботи……..... 80
82

4.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження технологічних факторів…… 84
Висновки до розділу 4……..... 89
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…..……..... 90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ……. 92
ДОДАТОК

ВСТУП

Актуальність роботи. Технічний стан. впливають на ефективність передачі тепла споживачам, що призводить до збільшення навантаження на джерела тепла або аварії дільниць теплових мереж актуальна в даний час.

Велика частка втрат тепла пов'язана з нормативними качечками теплоносія, а саме: через технологічні зливи шляхом автоматизації оборотів, апаратури, трубопровід і інші качечки мережевої води, які виникають у процесі експлуатації трубопровід.

Варто відзначити, що втрати тепла через ізоляційні конструкції трубопроводів в цих централізованого теплозабезпечення несе в себе. щодо експлуатації, це пов'язано з тим, що оцінити такі втрати досить складно. Складність аналізу тепловтрат викликана такими факторами, як часткове або повне руйнування ізоляції на окремих дільницях, проникнення вологи в канал і безпосередньо в слабій ізоляції, що призводить до зміни величини коефіцієнта теплопровідності ізоляційного матеріалу.

Опираючись на ряд негативних факторів, що виникають у процесі експлуатації, можна зробити висновок, що практичні теплозахисні властивості ізоляції Значно відрізняються від довідкових значень. Всі ці зміни в процесі експлуатації трубопроводів викликають необхідність враховувати зміни коефіцієнтів теплопровідності ізоляції на конкретних.

Метою даної роботи є дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції водяних мереж для вдосконалення розвитку теплових мереж.

Для досягнення поставленої мети було поставлено наступні завдання:

1) провести аналіз теоретичних даних за визначенням теплових втрат у трубопроводах;

2) удосконалити методику оцінки і визначення теплових втрат у всіх теплопроводах, що дозволяє враховувати не тільки способи прокладки і конфігурації. також зміну теплозахисних властивостей ізоляції в процесі

експлуатації;

3) дати порівняльний аналіз впливу експлуатаційних факторів стану теплової ізоляції на величину теплової втрати;

4) надати рекомендації щодо оптимізації теплових втрат через теплоізоляцію обраної конструкції.

Об'єкт досліджень теплові мережі.

Методи та способи дослідження. Поставлені завдання вирішувалися за допомогою проведення теоретичних та експериментальних досліджень, спільного застосування розрахункових та інженерних методик дослідження. У роботі застосовувалися основні положення підвищення ефективності теплоізоляційної конструкції теплових мереж.

Наукова новизна одержаних результатів. Враховуючи, що існує можливість удосконалити теплоізоляційні конструкції, що будуть працювати набагато ефективніше, застосування цих методів має досить великий потенціал.

Практична цінність роботи. Експериментальні дослідження показали доцільність використання методів теплоізоляції для більш ефективного використання та зменшення теплових втрат.

Апробація роботи. Основні положення та результати магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на XVI Університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих вчених «Молода наука - 2023» 17-22 квітня, та XVII Університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторських «Молода наука - 2024» 17-22 квітня. За результатами дослідження опубліковано наукову статтю Збірника наукових праць «Nauka i studia».

Структура та обсяг кваліфікаційної випускної роботи. Магістерська робота включає вступ, чотири розділи, висновки, перелік джерел посилання з 56 позицій та додаток на 14 аркушах.. Загальний обсяг складає 98 сторінки, у тому числі 15 рисунків та 18 таблиць.

1 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Система теплопостачання складається з джерела теплоти, теплової мережі, вузлів управління, транспортування та розподілу теплоти (насосні перекачувальні станції, теплові пункти тощо) та систем споживання теплоти. Системи теплопостачання класифікують залежно від: джерела теплоти; виду теплоносія; способу подачі води на гаряче водопостачання; кількості трубопроводів; способу забезпечення споживачів теплотою і т. ін. Залежно від джерела теплоти системи теплопостачання поділяють на:

- *централізовані* на базі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ) – теплофікаційні;
- централізовані від районних опалювальних та промислово-опалювальних котелень;
- *децентралізовані* від малих котелень, індивідуальних джерел теплоти та ін.

Перевагами систем централізованого теплопостачання є можливість використання різних, в тому числі і низькосортних видів палива; зменшення витрат палива; зменшення кількості обслуговуючого персоналу і зниження у зв'язку з цим експлуатаційних витрат; поліпшення стану повітряних басейнів міст внаслідок ефективного застосування фільтрів для очищення димових газів; можливість широкого застосування автоматики для контролю і регулювання параметрів теплоносія; розвантаження міського і залізничного транспорту від зайвих перевезень палива; вивільнення площ, зайнятих малими котельнями і чисельними складами палива; зменшення небезпеки пожеж.

До недоліків централізованих систем теплопостачання слід віднести необхідність спорудження та експлуатації теплових мереж, що веде до збільшення вартості систем теплопостачання; потребу в коштах та металі для випереджаючого вкладання їх у джерела теплопостачання і теплові мережі з урахуванням перспектив розвитку району, який обслуговується; теплові

втрати при транспортуванні теплоти. За видом теплоносія системи теплопостачання поділяють на *водяні* і *парові.*

Водяні системи теплопостачання використовують для теплопостачання сезонних споживачів теплоти та гарячого водопостачання, а в деяких випадках і для технологічних процесів.

В системах централізованого теплопостачання для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання житлових, громадських і промислових будівель слід використовувати теплоносій у вигляді перегрітої води. Пару використовують для теплопостачання технологічних споживачів, які її потребують. Використання пари як теплоносія для систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання промислових підприємств допускається при техніко-економічному обґрунтуванні.

Переваги водяних систем теплопостачання: можливість транспортування води на більшу відстань, ніж пари; нескладність приєднання систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання до водяних теплових мереж; можливість центрального регулювання теплових навантажень; вода має більшу теплоємність, ніж пара, та більшу акумулюючу здатність; більший термін безаварійної роботи систем опалення і вентиляції.

Недоліки водяних систем теплопостачання: витрати електроенергії на транспортування теплоносія; значно підвищений гідростатичний тиск внаслідок значної густини води.

Переваги парових систем теплопостачання: можливість використання пари не тільки для санітарно-технічних споживачів, а і для технологічних потреб; швидкий прогрів та охолодження систем парового опалення, що доцільно використовувати для приміщень із періодичним опаленням; пара має невелику об'ємну масу, що дозволяє не враховувати в парових системах опалення гідростатичний тиск і дає можливість використати пару як теплоносій в багатоповерхових будинках, а також при складному рельєфі місцевості району теплопостачання; відсутність витрати електроенергії на транспортування пари.

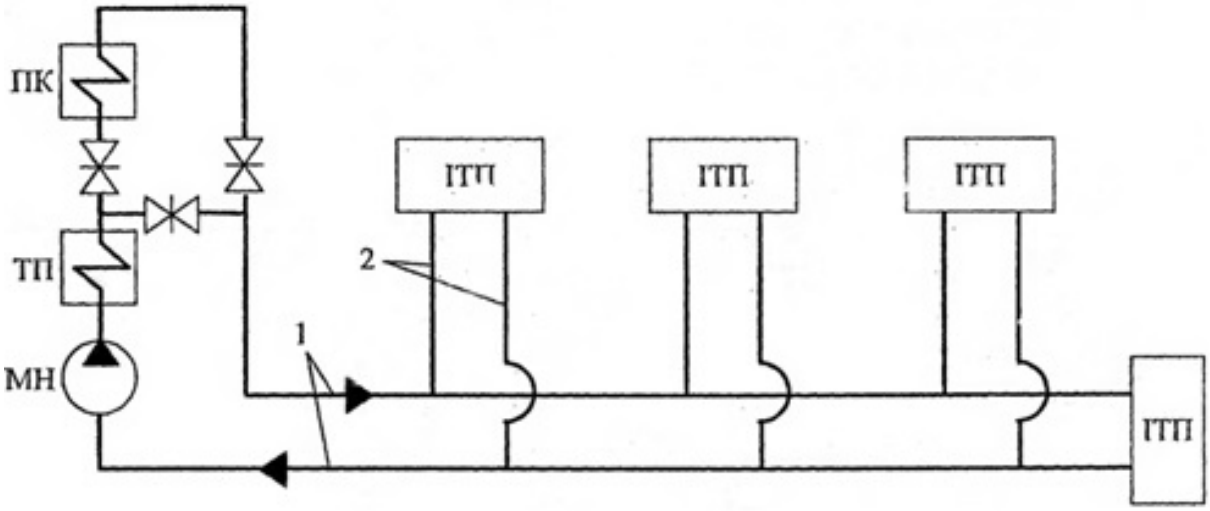
Недоліки парових систем теплопостачання: значні втрати теплоти паропроводами внаслідок високої температури пари; неможливість підтримувати нормативну температуру на поверхні опалювального пристрою; неможливість транспортування пари на далеку відстань (більше 5 км); термін експлуатації парових систем опалення значно менший, ніж водяних, внаслідок інтенсивної корозії внутрішньої поверхні конденсатопроводів; складність збору та повернення конденсату.

Залежно від способу подачі теплоти на гаряче водопостачання водяні системи поділяють на *закриті* та *відкриті.* У закритих водяних системах теплопостачання воду з теплових мереж використовують для нагрівання в підігрівачах поверхневого типу водопровідної води, яка подається в систему гарячого водопостачання. У відкритих водяних системах теплопостачання гаряча вода з теплової мережі безпосередньо подається до водорозбірних пристроїв місцевої системи гарячого водопостачання.

Залежно від кількості трубопроводів від джерела теплоти до споживачів системи теплопостачання поділяють на *однотрубні, двотрубні* та *багатотрубні.*

За способом забезпечення споживачів тепловою енергією відрізняють *одноступеневі та багатоступеневі* системи теплопостачання. В одноступеневих системах теплопостачання споживачів теплоти безпосередньо приєднують до теплових мереж (рис. 1.1). Вузли приєднання споживачів теплоти до теплових мереж називають тепловими пунктами. В тепловому пункті кожного будинку встановлюють (при необхідності) підігрівачі гарячого водопостачання, елеваторні або насосні вузли змішування, арматуру, контрольно-вимірювальні пристрої для регулювання параметрів та витрати теплоносія для місцевих опалювальних та водорозбірних пристроїв, а також лічильники води та теплоти. Якщо до теплового пункту приєднано один будинок або частину будинку чи технологічну установку, то його називають індивідуальним тепловим пунктом (ІТП). Безпосереднє приєднання опалювальних пристроїв до теплових мереж

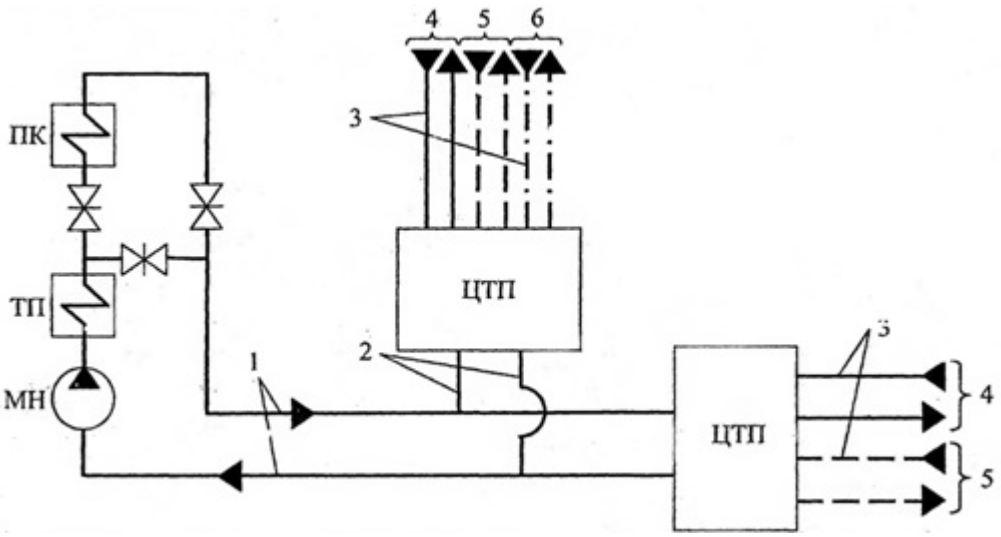
обмежене межами допустимих тисків в теплових мережах, бо високий тиск, який потрібний для транспортування теплоносія до кінцевих споживачів, є небезпечним для опалювальних пристроїв. Внаслідок цього одноступеневі системи використовують для теплопостачання обмеженої кількості споживачів від котельні з невеликою довжиною теплових мереж.



1 – магістральні трубопроводи; 2 – відгалуження; ІТП – індивідуальний тепловий пункт; ТП – теплофікаційний підігрівач; ПК – піковий котел; МН – мережний насос

Рисунок 1.1 – Схема одноступеневої системи теплопостачання

В багатоступеневих системах теплопостачання (рис. 1.2) між джерелом теплоти та споживачами розміщують центральні теплові пункти (ЦТП) в яких параметри теплоносія можуть змінюватись залежно від потреб місцевих споживачів теплоти.



1 – магістральні трубопроводи; 2 – відгалуження; 3 – розподільчі мережі; 4 – теплові мережі опалення та вентиляції; 5 – теплові мережі гарячого водопостачання; 6 – теплові мережі технологічних потреб

Рисунок 1.2 – Схема двоступеневої системи теплопостачання

У центральних теплових пунктах можуть бути встановлені насоси та підігрівачі, регулювальна, запірна та запобіжна арматура, контрольно-вимірювальні пристрої, які призначені для забезпечення групи споживачів в кварталах або районах теплотою з потрібними параметрами. За допомогою насосів та підігрівачів магістральні трубопроводи (перший ступінь) відповідно, частково або повністю гідравлічно ізолюються від розподільних мереж (другий, ступінь). З центрального теплового пункту теплоносій з допустимими або установленими параметрами для місцевих систем теплоспоживання по загальних або окремих трубопроводах другого ступеня подається до індивідуальних теплових пунктів кожного будинку. В індивідуальному тепловому пункті здійснюється лише підмішування зворотної води, яка повертається після місцевих опалювальних установок, а також регулювання витрати води, на гаряче водопостачання та облік витрати теплоти. Повна гідравлічна ізоляція теплових мереж першого та другого ступенів підвищує надійність теплопостачання та збільшує дальність

транспортування теплоносія. Багатоступеневі системи теплопостачання з центральними тепловими пунктами дозволяють зменшити кількість підігрівачів систем гарячого водопостачання, циркуляційних насосів та регуляторів температури, які встановлюють в індивідуальних теплових пунктах при використанні одноступеневої системи теплопостачання. В ЦТП можливе встановлення пристроїв для обробки водопровідної води для запобігання корозії трубопроводів в системах гарячого водопостачання. Спорудження ЦТП дозволяє зменшити експлуатаційні затрати та кількість обслуговуючого персоналу.

Ефективність водяних систем теплопостачання визначається схемою приєднання споживачів до теплових мереж. Схеми приєднання систем опалення за гідравлічним зв'язком з тепловими мережами поділяють на залежні та незалежні.

В залежних системах приєднання теплоносій в опалювальні пристрої подається безпосередньо з теплових мереж. Таким чином, теплоносій з теплових мереж циркулює в місцевій системі опалення. Внаслідок цього тиск в місцевих системах опалення визначається режимом тиску в зовнішніх теплових мережах.

В незалежних системах приєднання теплоносій з теплової мережі подається до поверхневого підігрівача для нагрівання води, яка циркулює в системі опалення. Таким чином, мережна вода та вода, яка циркулює в системі опалення, не змішуються, відтак теплова мережа і система опалення повністю гідравлічно ізольовані. Гідравлічна ізоляція теплоносіїв в тепловому пункті використовується для захисту місцевих систем опалення від впливу високого чи низького тисків в теплових мережах, при яких можливе руйнування опалювальних пристроїв або спустошення місцевих систем опалення.

В системі гарячого водопостачання з нижнім баком-акумулятором за схемою зарядження акумулятора здійснюється безпосередньо з теплової мережі. Керування зарядженням та розрядженням акумулятора здійснюється за допомогою регулятора витрати, дросельної шайби та пускового пристрою

для включення насоса. При зменшенні водорозбору тиск збільшується, відкривається клапан регулятора витрати і частка води зливається зі стояка системи гарячого водопостачання в акумулятор. При відновленні розрахункового водорозбору гарячої води тиск зменшується, регулятор витрати закривається та заряджання акумулятора припиняється. При максимальному водорозборі акумулятор автоматично переключається на розрядження. Імпульсом для розрядження акумулятора є зменшення тиску, в результаті чого пусковий пристрій включає насос та поповнює недостачу гарячої води в системі гарячого водопостачання водою з акумулятора.

Парові системи теплопостачання поділяють на однотрубні та багатотрубні, високого та низького тиску, з поверненням та без повернення конденсату. Системи опалення приєднують до парових мереж як за залежними, так і за незалежними схемами, системи гарячого водопостачання приєднують, головним чином, за допомогою підігрівачів поверхневого та змішувального типів.

Вибір між відкритою та закритою системами теплопостачання здійснюється з урахуванням норм якості холодної та гарячої води, а також затрат на обладнання джерела теплоти та теплових пунктів.

Головна перевага відкритих систем теплопостачання – це висока ефективність теплофікації завдяки максимальному використанню низькопотенційних джерел теплоти на ТЕЦ для нагрівання великої кількості живильної води. В закритих системах теплопостачання живлення теплових мереж не перевищує 0,75 % від об’єму мережної води, який міститься в системі, тому можливість утилізації теплоти скидної води та продувки на ТЕЦ значно нижча, ніж у відкритих системах. Але для підготування води для підживлення теплової мережі у відкритих системах потрібно значно збільшити потужність обладнання для хімводоочищення та деаерації. Теплові пункти відкритих систем теплопостачання мають простіше обладнання та значно меншу вартість, ніж теплові пункти закритих систем, тому що у відкритих системах замість підігрівачів встановлюють тільки змішувачі

систем гарячого водопостачання. На гаряче водопостачання у відкритих системах використовується мережна деаерована вода, тому місцеві системи гарячого водопостачання значно менше кородують, ніж в закритих системах теплопостачання. Відкриті системи відрізняються значною нестабільністю гідравлічних режимів внаслідок зміни витрати мережної води в теплових мережах. У відкритих системах теплопостачання якість мережної води не завжди відповідає санітарним нормам внаслідок того, що промивка систем опалення недостатня та рівень деаерації живильної води не завжди повний. Підключення системи опалення за незалежною схемою у відкритих системах теплопостачання значно поліпшує якість води в системі гарячого водопостачання. теплопостачання якість мережної води не завжди відповідає санітарним нормам внаслідок того, що промивка систем опалення недостатня та рівень деаерації живильної води не завжди повний. Підключення системи опалення за незалежною схемою у відкритих системах теплопостачання значно поліпшує якість води в системі гарячого водопостачання.

Залежна схема приєднання систем опалення не потребує установлення теплообмінників і тому має меншу вартість ніж незалежна схема. Отже, залежна схема має такі недоліки: при недостатньому тиску в тепловій мережі, який не забезпечує нескипання води, та значній температурі теплоносія в елеваторах виникає кипіння води, яке супроводжується механічними вібраціями труб; при пошкодженні теплових мереж спустошуються не тільки теплові мережі, а і системи опалення.

При приєднанні систем опалення в ІТП або ЦТП за незалежною схемою ці недоліки повністю усуваються. При аваріях на магістральних теплових мережах квартальні теплові мережі та місцеві системи опалення залишаються заповненими водою, що скорочує термін ліквідації аварії.

Вода як теплоносій має значні переваги перед парою. Використання водяного теплоносія підвищує ефективність теплофікації та централізованого теплопостачання за рахунок використання низькопотенційної теплоти на ТЕЦ, відсутності втрат конденсату та його збереження на ТЕЦ або в котельні.

Завдяки зменшенню теплових втрат в теплових мережах воду можливо транспортувати на значно більшу відстань, ніж пару. Висока теплоакумулююча здатність води та простота залежного приєднання споживачів забезпечили широке розповсюдження водяних мереж у теплопостачанні.

1.1 Огляд існуючих теплових мереж та трубопроводи

Теплова мережа - це система міцно та щільно з'єднаних між собою учасників теплопроводів, якими теплота за допомогою теплоносіїв (пара або гарячої води) транспортується від джерел до теплових споживачів.

Основними елементами теплових мереж є трубопровід, що складається зі сталевих труб, з'єднаних між собою за допомогою зварювання, ізоляційна конструкція, призначена для захисту трубопроводу від зовнішньої корозії і теплових втрат, і несуча конструкція, що сприймає вагу трубопроводу та зусилля, що виникають під час його експлуатації.

Найбільш відповідальними елементами є труби, які повинні бути досить міцними і герметичними при максимальних тисках і температурах теплоносія, володіти низьким коефіцієнтом температурних деформацій, малою шорсткістю внутрішньої поверхні, високим термічним опором стінок, сприяючим збереженню теплоти, незмінністю властивостей матеріалу при тривалому впливі висок .

Постачання теплотою споживачів (систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічних процесів) складається з трьох взаємопов'язаних процесів: повідомлення теплоти теплоносія, транспорту теплоносія і використання теплового потенціалу теплоносія. Системи теплопостачання класифікуються за такими основними ознаками: потужності, виду джерела теплоти та виду теплоносія.

За потужністю системи теплопостачання характеризуються дальністю передачі теплоти та кількістю споживачів. Вони можуть бути місцевими та

централізованими. Місцеві системи теплопостачання - це системи, в яких три основні ланки об'єднані і знаходяться в одному або суміжних приміщеннях. При цьому отримання теплоти та передача її повітрі приміщень об'єднані в одному пристрої і розташовані в опалювальних приміщеннях (печі). Централізовані системи, у яких від джерела теплоти подається теплота багатьом приміщень.

За видом джерела теплоти системи централізованого теплопостачання поділяють на районне теплопостачання та теплофікацію. При системі районного теплопостачання джерелом теплоти служить районна котельня, теплофікація-ТЕЦ.

По виду теплоносія системи теплопостачання поділяються на дві групи: водяні і парові.

Теплоносій – середовище, що передає теплоту від джерела теплоти до нагрівальних приладів систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Теплоносій отримує теплоту в районній котельні (або ТЕЦ) і по зовнішніх трубопроводах, які звуться тепловими мережами, надходить у системи опалення, вентиляції промислових, громадських і житлових будівель. У нагрівальних приладах, розташованих усередині будівель, теплоносій віддає частину акумульованої в ньому теплоти та відводиться по спеціальних трубопроводах назад до джерела теплоти.

У водяних системах теплопостачання теплоносієм служить вода, а парових - пар. У Білорусі для міст та житлових районів використовуються водяні системи теплопостачання. Пара застосовується на промислових майданчиках для технологічних цілей.

Системи водяних теплопроводів можуть бути однотрубними та двотрубними (в окремих випадках багатотрубними). Найбільш поширеною є двотрубна система теплопостачання (по одній трубі подається гаряча вода споживачеві, по іншій, зворотній, охолоджена вода повертається на ТЕЦ або котельню). Розрізняють відкриту та закриту системи теплопостачання. У

відкритій системі здійснюється " безпосередній водорозбір " , тобто. гаряча вода з мережі, що подає, розбирається споживачами для господарських, санітарно - гігієнічних потреб. При повному використанні гарячої води може бути використана однотрубна система. Для закритої системи характерне майже повне повернення мережевої води на ТЕЦ (чи районну котельню).

До теплоносіїв систем централізованого теплопостачання пред'являють такі вимоги: санітарно-гігієнічні (теплоносій не повинен погіршувати санітарні умови в закритих приміщеннях - середня температура поверхні нагрівальних приладів не може перевищувати 70-80), техніко-економічні (щоб вартість транспортних трубопроводів була найменшою нагрівальних приладів - малий та забезпечувався мінімальна витрата палива для нагрівання приміщень) та експлуатаційні (можливість центрального регулювання тепловіддачі систем споживання у зв'язку із змінними температурами зовнішнього повітря).

Напрямок теплопроводів вибирається по тепловій карті району з урахуванням матеріалів геодезичної зйомки, плану існуючих і намічених надземних і підземних споруд, даних про характеристику грунтів і т. д. Питання про вибір типу теплопроводу (надземний або підземний) вирішується з урахуванням місцевих умов і техніки -Економічних обґрунтувань.

При високому рівні ґрунтових і зовнішніх вод, густоті існуючих підземних споруд на трасі проектованого теплопроводу, сильно пересіченої ярами та залізничними коліями, у більшості випадків перевага віддається надземним теплопроводам. Вони також найчастіше застосовуються на території промислових підприємств під час спільного прокладання енергетичних та технологічних трубопроводів на загальних естакадах або високих опорах.

Варто сказати, що надземні теплопровідні мережі довговічні та ремонтопридатні, в порівнянні з підземними.

При виборі траси теплопроводу слід керуватися насамперед умовами надійності теплопостачання, безпеки роботи обслуговуючого персоналу та

населення, можливістю швидкої ліквідації неполадок та аварій.

З метою безпеки та надійності теплопостачання, прокладка мереж не ведеться в загальних каналах з киснепроводами, газопроводами, трубопроводами стисненого повітря з тиском вище 1,6 МПа. установки арматури та приладів, які потребують обслуговування. камер скорочується при застосуванні сильфонних або лінзових компенсаторів, а також осьових компенсаторів з великим ходом (здвоєних компенсаторів), природної компенсації температурних деформацій.

На не проїжджій частині допускаються виступають на поверхню землі перекриття камер і вентиляційних шахт на висоту 0,4 м. Для полегшення спорожнення (дренажу) теплопроводів їх прокладають з ухилом до горизонту. тиску пари після відведення конденсату повинні встановлюватися зворотні клапани або затвори.

По трасі теплових мереж будується поздовжній профіль, на який наносять планувальні та існуючі позначки землі, рівень стояння ґрунтових вод, існуючі та проектовані підземні комунікації, та інші споруди, що перетинаються теплопроводом, із зазначенням вертикальних позначок цих споруд.

1.2 Втрати теплової енергії під час передачі

Для оцінки ефективності роботи будь-якої системи, в тому числі теплоенергетичної, зазвичай використовують узагальнений фізичний показник, - коефіцієнт корисної дії (КПД). Таким чином, збільшення ККД системи (а значить і підвищення її економічності) можна досягти лише зниженням величини непродуктивних втрат, що виникають у процесі роботи. Це і є головним завданням енергозбереження.

Основною ж проблемою, що виникає при вирішенні цього завдання, є виявлення найбільших складових цих втрат і вибір оптимального технологічного рішення, що дозволяє значно знизити вплив на величину ККД.

Причому кожен конкретний об'єкт (мета енергозбереження) має ряд характерних конструктивних особливостей і його теплових втрат різні за величиною. І щоразу, коли йдеться про підвищення економічності роботи теплоенергетичного обладнання (наприклад, системи опалення), перед прийняттям рішення на користь використання якого-небудь технологічного нововведення, необхідно обов'язково провести детальне обстеження самої системи та виявити найістотніші канали втрат енергії. Розумним рішенням буде використання тільки таких технологій, які суттєво знизять найбільші непродуктивні складові втрат енергії в системі та за мінімальних витрат значно підвищать ефективність її роботи.

Будь-яку теплоенергетичну систему з метою аналізу можна умовно розбити на три основні ділянки:

1) ділянку виробництва теплової енергії (котельня);

2) ділянка транспортування теплової енергії споживачеві (трубопроводи теплових мереж);

3) ділянка споживання теплової енергії (об'єкт, що опалюється).

Кожна з наведених ділянок має характерні невиробничі втрати, зниження яких і є основною функцією енергозбереження. Розглянемо кожну ділянку окремо.

Головною ланкою на цій ділянці є котлоагрегат, функціями якого є перетворення хімічної енергії палива на теплову та передача цієї енергії теплоносія. У котлоагрегаті відбувається ряд фізико-хімічних процесів, кожен із яких має свій ККД. І будь-який котлоагрегат, яким би досконалим він не був, обов'язково втрачає частину енергії палива у цих процесах. Спрощено схема цих процесів зображена малюнку.

На ділянці виробництва теплової енергії при нормальній роботі котлоагрегату завжди існують три види основних втрат: з недопалом палива і газами, що йдуть (зазвичай не більше 18%), втрати енергії через обмуровку котла (не більше 4%) і втрати з продуванням і на власні потреби котельні (близько 3%). Зазначені цифри теплових втрат приблизно близькі для

нормального нового вітчизняного котла (з ККД близько 75%). Більш досконалі сучасні котлоагрегати мають реальний ККД близько 80-85% і стандартні втрати в них нижче. Однак вони можуть додатково зростати:

• Якщо вчасно та якісно не проведено режимне налагодження котлоагрегату з інвентаризацією шкідливих викидів, втрати з недопалом газу можуть збільшуватися на 6-8 %;

• Діаметр сопел пальників, встановлених на котлоагрегаті середньої потужності, зазвичай не перераховується під реальне навантаження котла. Однак підключене до котла навантаження відрізняється від того, на яке розрахований пальник. Ця невідповідність завжди призводить до зниження тепловіддачі від смолоскипів до поверхонь нагріву і зростання на 2-5% втрат з хімічним недопалом палива і газами, що йдуть;

• Якщо чистка поверхонь котлоагрегатів здійснюється, як правило, один раз на 2-3 роки, це знижує ККД котла із забрудненими поверхнями на 4-5% за рахунок збільшення на цю величину втрат із газами, що йдуть. Крім того, недостатня ефективність роботи системи хімводоочищення (ХВО) призводить до появи хімічних відкладень (накипу) на внутрішніх поверхнях котлоагрегату, що значно знижують ефективність його роботи.

• Якщо котел не обладнаний повним комплектом засобів контролю та регулювання (паромірами, теплолічильниками, системами регулювання процесу горіння та теплового навантаження) або якщо засоби регулювання котлоагрегату налаштовані неоптимально, це в середньому додатково знижує його ККД на 5%.

• При порушенні цілісності обмуровки котла виникають додаткові присоси повітря в топку, що збільшує втрати з недопалом і газами, що йдуть, на 2-5%

• Використання сучасного насосного обладнання в котельні дозволяє в два-три рази знизити витрати електроенергії на власні потреби котельні та знизити витрати на їх ремонт та обслуговування.

• На кожен цикл "Пуск-зупинок" котлоагрегату витрачається значна

кількість палива. Ідеальний варіант експлуатації котельні - її безперервна робота в діапазоні потужностей, визначеному режимною картою. Використання надійної запірної арматури, високоякісної автоматики та регулюючих пристроїв дозволяє мінімізувати втрати, що виникають через коливання потужності та виникнення нештатних ситуацій у котельні.

Перелічені вище джерела виникнення додаткових втрат енергії в котельні є явними і прозорими їх виявлення. Наприклад, одна з основних складових цих втрат - втрати з недопалом, можуть бути визначені тільки за допомогою хімічного аналізу складу газів, що йдуть. У той же час збільшення цієї складової може бути викликано цілим рядом причин: не дотримується правильне співвідношення суміші паливо-повітря, є неконтрольовані присоси повітря в топку котла, пальниковий пристрій працює в неоптимальному режимі.

Таким чином, постійні додаткові неявні втрати тільки при виробництві тепла в котельні можуть досягати величини 20-25%!

1.3Втрати тепла на ділянці його транспортування до споживача

Зазвичай теплова енергія, передана в котельні теплоносія, надходить у теплотрасу і слідує на об'єкти споживачів. Розмір ККД даної ділянки зазвичай визначається наступним:

• ККД мережевих насосів, що забезпечують рух теплоносія теплотрасою;

• втратами теплової енергії за довжиною теплотрас, пов'язаними зі способом укладання та ізоляції трубопроводів;

• втратами теплової енергії, пов'язаними з правильністю розподілу тепла між об'єктами-споживачами, т.зв. гідравлічною настроєністю теплотраси;

• періодично виникають під час аварійних та позаштатних ситуацій витоками теплоносія.

При розумно спроектованій і гідравлічно налагодженій системі теплотрас видалення кінцевого споживача від ділянки виробництва енергії

рідко становить більше 1,5-2 км і загальна величина втрат зазвичай не перевищує 5-7%. Однак:

• використання вітчизняних потужних мережевих насосів із низьким ККД практично завжди призводить до значних непродуктивних перевитрат електроенергії.

• при великій довжині трубопроводів теплотрас значний вплив на величину теплових втрат набуває якості теплової ізоляції теплотрас.

• гідравлічна налагодженість теплотраси є основним чинником, що визначає економічність її роботи. Під'єднані до теплотраси об'єкти теплоспоживання повинні бути правильно шайбовані таким чином, щоб розподілялося тепло по них рівномірно. В іншому випадку теплова енергія перестає ефективно використовуватися на об'єктах споживання і виникає ситуація з поверненням частини теплової енергії зворотним трубопроводом на котельню. Крім зниження ККД котлоагрегатів, це викликає погіршення якості опалення в найбільш віддалених по ходу тепломережі будинках.

• якщо вода для систем гарячого водопостачання (ГВП) підігрівається на відстані від об'єкта споживання, то трубопроводи трас ГВП обов'язково повинні бути виконані за циркуляційною схемою. Присутність тупикової схеми ГВП фактично означає, що близько 35-45% теплової енергії, що йде на потреби ГВП, витрачається марно.

Зазвичай втрати теплової енергії в теплотрасах не повинні перевищувати 5-7%. Але фактично вони можуть досягати величини 25% і вище.

1.4. Втрати на об'єктах споживачів тепла

Найбільш суттєвими складовими теплових втрат у теплоенергетичних системах є втрати на об'єктах-споживачах. Наявність таких не є прозорою і може бути визначена тільки після появи в теплопункті будівлі приладу обліку теплової енергії, теплолічильника. Досвід роботи з величезною кількістю вітчизняних теплових систем дозволяє вказати основні джерела виникнення непродуктивних втрат теплової енергії. У найпоширенішому випадку такими є втрати:

• у системах опалення пов'язані з нерівномірним розподілом тепла по об'єкту споживання та нераціональністю внутрішньої теплової схеми об'єкта (5-15%);

• у системах опалення пов'язані з невідповідністю характеру опалення поточним погодним умовам (15-20%);

• у системах ГВП через відсутність рециркуляції гарячої води теряється до 25% теплової енергії;

• у системах ГВП через відсутність або непрацездатність регуляторів гарячої води на бойлерах ГВП (до 15% навантаження ГВП);

• у трубчастих (швидкісних) бойлерах через наявність внутрішніх витоків, забруднення поверхонь теплообміну і труднощі регулювання (до 10-15% навантаження ГВП).

Загальні неявні непродуктивні втрати на об'єкті споживання можуть становити до 35% теплового навантаження!

Головною непрямою причиною наявності та зростання вищеперерахованих втрат є відсутність на об'єктах теплоспоживання приладів обліку кількості споживаного тепла. Відсутність прозорої картини споживання тепла об'єктом обумовлює нерозуміння значущості вжиття на ньому енергозберігаючих заходів.

1.5 Теплова ізоляція

Теплоізоляція, теплова ізоляція, термоізоляція, захист будівель, теплових промислових установок (або їх окремих вузлів), холодильних камер, трубопроводів та іншого від небажаного теплового обміну з навколишнім середовищем. Так, наприклад, у будівництві та теплоенергетиці теплоізоляція необхідна для зменшення теплових втрат у навколишнє середовище, у холодильній та кріогенній техніці – для захисту апаратури від припливу тепла ззовні. Теплоізоляція забезпечується пристроєм спеціальних огорож, що виконуються з теплоізоляційних матеріалів (у вигляді оболонок, покриттів тощо) і утруднюють теплопередачу; самі ці теплозахисні засоби також називають теплоізоляцією. При переважному конвективному теплообміні для теплоізоляції використовують огородження, що містять шари непроникного для повітря; при променистому теплообміні - конструкції з матеріалів, що відображають теплове випромінювання (наприклад, фольги, металізованої лавсанової плівки); при теплопровідності (основний механізм перенесення тепла) – матеріали з розвиненою пористою структурою.

Ефективність теплоізоляції при перенесенні тепла теплопровідністю визначається термічним опором (R) ізолюючої конструкції. Для одношарової конструкції $R=d/l$ де d - товщина шару ізолюючого матеріалу, l - його коефіцієнт теплопровідності. Підвищення ефективності теплоізоляції досягається застосуванням високопористих матеріалів та улаштуванням багатошарових конструкцій з повітряними прошарками.

Завдання теплоізоляції будівель - знизити втрати тепла в холодну пору року та забезпечити відносну сталість температури в приміщеннях протягом доби при коливаннях температури зовнішнього повітря. Застосовуючи для теплової ізоляції ефективні теплоізоляційні матеріали, можна істотно зменшити товщину і знизити масу конструкцій, що захищають, і таким чином скоротити витрату основних будматеріалів (цегли, цементу, сталі та ін.) і збільшити допустимі розміри збірних елементів.

У теплових промислових установках (промислових печах, котлах, автоклавах тощо) теплоізоляція забезпечує значну економію палива, сприяє збільшенню потужності теплових агрегатів та підвищенню їх ККД, інтенсифікації технологічних процесів, зниженню витрат основних матеріалів. Економічну ефективність теплоізоляції у промисловості часто оцінюють коефіцієнтом заощадження тепла h= (Q1 - Q2)/Q1 (де Q1 - втрати тепла установкою без теплоізоляції, а Q2 - з теплоізоляцією). Теплоізоляція промислових установок, що працюють за високих температур, сприяє також створенню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці обслуговуючого персоналу в гарячих цехах та запобіганню виробничому травматизму

1.6 Теплоізоляційні матеріали

Основні галузі застосування теплоізоляційних матеріалів - ізоляція огороджувальних будівельних конструкцій, технологічного обладнання (промислових печей, теплових агрегатів, холодильних камер тощо) та трубопроводів.

Від якості ізоляційної конструкції теплопроводу залежить не тільки теплові втрати, але і його довговічність. При відповідній якості матеріалів та технології виготовлення теплова ізоляція може одночасно виконувати роль антикорозійного захисту зовнішньої поверхні сталевого трубопроводу. До таких матеріалів відносяться поліуретан і похідні на його основі - полімербетон і біон.

Основні вимоги до теплоізоляційних конструкцій полягає в наступному:

• низька теплопровідність як у сухому стані, так і в стані природної вологості;

• мале водопоглинання та невелика висота капілярного підйому рідкої вологи;

• мала корозійна активність;

• високий електричний опір;

• лужна реакція середовища (pH>8,5);

• достатня механічна міцність.

Основними вимогами для теплоізоляційних матеріалів паропорів електростанцій та котелень є низька теплопровідність і висока термостійкість. Такі матеріали зазвичай характеризуються великим вмістом повітряних пір і малою об'ємною щільністю. Остання якість цих матеріалів зумовлює їх підвищену гігроскопічність і водопоглинання.

Одна з основних вимог до теплоізоляційних матеріалів для підземних теплопроводів полягає у малому водопоглинанні. Тому високоефективні теплоізоляційні матеріали з великим вмістом повітряних пір, які легко вбирають вологу з навколишнього ґрунту, як правило, непридатні для підземних теплопроводів.

Розрізняють жорсткі (плити, блоки, цегла, шкаралупи, сегменти та ін), гнучкі (мати, матраци, джгути, шнури та ін), сипкі (зернисті, порошкоподібні) або волокнисті теплоізоляційні матеріали. За видом основної сировини їх поділяють на органічні, неорганічні та змішані.

Органічні у свою чергу поділяються на органічні природні та органічні штучні. До органічних природних матеріалів відносяться матеріали, одержувані переробкою неділової деревини та відходів деревообробки (деревноволокнисті плити та деревностружкові плити), сільськогосподарських відходів (соломит, очерет та ін), торфу (торфоплити) та ін місцевої органічної сировини. Ці теплоізоляційні матеріали, як правило, відрізняються низькою водо- та біостійкістю. Зазначених недоліків позбавлені органічних штучних матеріалів. Дуже перспективними матеріалами цієї підгрупи є пінопласти, які отримують шляхом спінювання синтетичних смол. Пінопласти мають дрібні замкнуті пори і цим відрізняються від пороластів - теж спінених пластмас, але мають пори, що з'єднуються, і тому не використовуються в якості теплоізоляційних матеріалів. Залежно від рецептури та характеру технологічного процесу виготовлення пінопласти можуть бути жорсткими, напівжорсткими та еластичними з порами

необхідного розміру; виробам можуть бути надані бажані властивості (наприклад, зменшена горючість). Характерна особливість більшості органічних теплоізоляційних матеріалів - низька вогнестійкість, тому їх зазвичай застосовують при температурах не вище 150 °С.

Більше вогнестійкі матеріали змішаного складу (фіброліт, арболіт та ін.), одержувані з суміші мінерального в'яжучого речовини та органічного наповнювача (деревні стружки, тирсу тощо).

Неорганічні матеріали Представником цієї підгрупи є алюмінієва фольга (альфоль). Вона застосовується у вигляді гофрованих листів, покладених з утворенням повітряних прошарків. Перевагою цього матеріалу є висока відбивна здатність, що зменшує променистий теплообмін, що особливо помітно при високих температурах. Іншими представниками підгрупи неорганічних матеріалів є штучні волокна: мінеральна, шлакова та скляна вата. Середня товщина мінеральної вати 6-7 мкм, середній коефіцієнт теплопровідності = 0,045 Вт/(м*К). Ці матеріали не горючі, не прохідні для гризунів. Вони мають малу гігроскопічність (не більше 2%), але велике водопоглинання (до 600%).

Легкі та пористі бетони (головним чином газобетон та пінобетон), піноскло, скляне волокно, вироби зі спученого перліту та ін.

Неорганічні матеріали, що використовуються в якості монтажних, виготовляють на основі азбесту (азбестовий картон, папір, повсть), сумішей азбесту і мінеральних в'яжучих речовин (азбестодіатомові, азбестовапнянихокремнеземисті, азбестоцементні вироби) і на основі спучених гірських порід (вермікуліту).

Для ізоляції промислового обладнання та установок, що працюють при температурах вище 1000 °С (наприклад, металургійних, нагрівальних та ін. у вигляді штучних виробів (цегли, блоків різного профілю). Перспективно також використання волокнистих матеріалів теплоізоляції з вогнетривких волокон та мінеральних в'яжучих речовин (коефіцієнт їх теплопровідності при високих температурах у 1,5-2 рази нижче, ніж у традиційних).

Таким чином, є велика кількість теплоізоляційних матеріалів, з яких може здійснюватися вибір залежно від параметрів та умов експлуатації різних установок, що потребують теплозахисту.

Висновки до розділу 1

З проведеного аналізу можливо зробити висновок, що і більшість теплотрас експлуатуються в позаштатних режимах, що призводить до зростання теплових втрат через теплоізоляційні конструкції трубопроводів при транспортуванні робочого тіла від джерела тепла до кінцевого споживача.

Було встановлено, що експериментальне визначення теплових втрат є трудомісткимта економічно затратним. Теплотехнічний розрахунок втрат теплоти, теж не дозволяє достатньо точно оцінити втрати тепла при транспортуванні теплоносія, через використання в розрахунку довідкових значень коефіцієнтів теплопровідності ізоляційних конструкції, які не враховують ряд експлуатаційних факторів.

При використанні індивідуальних теплових приладів обліку в кінцевих споживачів можна оцінити лише усереднені теплові втрати в трубопроводах. Отримані дані не дають повного уявлення про стан ізоляції на конкретних ділянках теплових мереж, до того ж такі прилади обліку мають похибку, що впливає на точність показань.

Існують методи математичного моделювання теплових втрат за допомогою різних програмних комплексів. Дана методика набуває широкого поширення та розвитку в теплотранспортних компаніях.

Проблема визначення теплових втрат з урахуванням усіх експлуатаційних особливостей є актуальною до сьогодні, існуючі методи оцінки теплових втрат потребує вдосконалення, а також розробки нових методів.

Таким чином, метою магістерської дисертації є дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції водяних мереж для вдосконалення існуючих технологій аналізу теплових втрат.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ У МІСЬКИХ МЕРЕЖАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Рішення задачі визначення теплових втрат у трубопроводах з урахуванням реальних умов експлуатації мереж запропоновано на прикладі мереж р. Вільнянськ Запорізької області.

В якості об'єкта дослідження розглядаємо фрагмент двотрубної теплової мережі (рисунок 2.1).

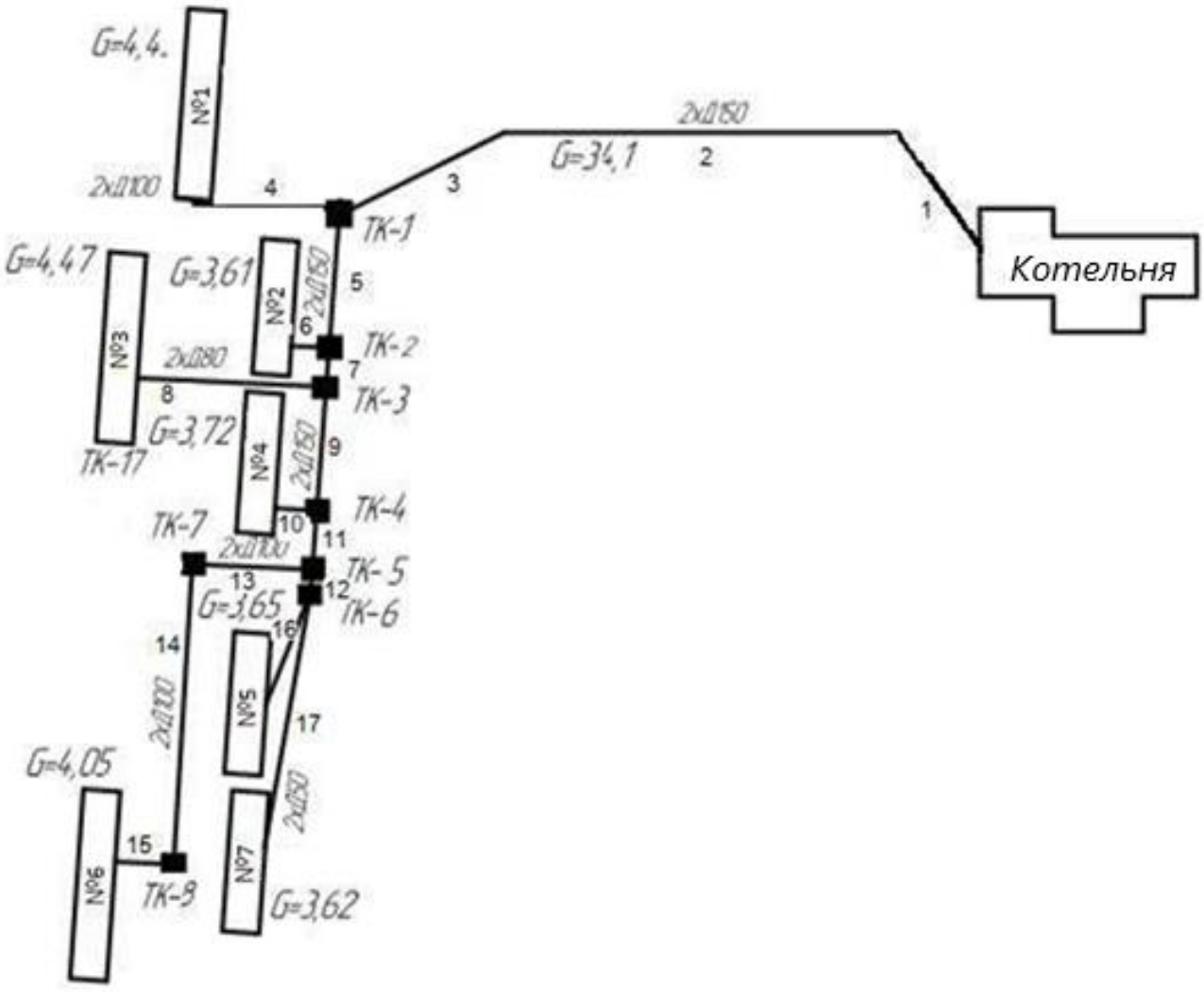


Рисунок 2.1 – Фрагмент прокладки типової двотрубної теплової мережі м. Вільнянськ

У розглядуваному прикладі, основним способом прокладки трубопроводів є, традиційний метод підземної кладки в непрохідних каналах. Даний метод обраний з огляду на естетичні і архітектурно-планувальні потвори.

Конструкція непрохідного каналу складається з лотків і плит перекриттів, виконаних з залізобетонних елементів. Характеристики дільниць приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики теплової мережі р. Вільнянськ

№ уч	Умовний діаметр, мм	Довга дільниця, м	Спосіб прокладки	Тип ізоляції	Наружний діаметр ізоляції, мм	Умови експлуатації та стан ізоляції
1	150	80	Підземний	МВ	250	Вологе повітря в каналі
2	150	140			250	Вологе повітря в каналі
3	150	410			250	Вологе повітря в каналі
4	100	130			250	40% зволоження ізоляції
5	150	140			250	Вологе повітря в каналі
6	150	145			250	Вологе повітря в каналі
7	150	50			250	100% зволоження ізоляції
8	80	160			160	100% зволоження ізоляції
9	150	140			250	Деформація ізоляції
10	80	145			160	Вологе повітря в каналі
11	150	70			250	Вологе повітря в каналі

Продовження таблиці 2.1

12	150	30			250	Вологе повітря в каналі
13	100	100			180	Вологе повітря в каналі
14	100	240			180	100% зволоження ізоляції
15	100	80			180	100% зволоження ізоляції
16	50	140			177	Вологе повітря в каналі
17	50	210			177	Вологе повітря в каналі

Розрахунок втрат теплоти при якісному регулюванні виробляється при середніх кліматичних умовах району (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Кліматичні дані м. Вільнянськ

№ п/п	Параметр	Значення
1	Температура навколишнього середовища зимою, К	263
2	Середня температура ґрунту на глибині закладання (5 м) підземного трубопроводу, К	278
3	Температура прямої мережної води, К	373
4	Температура зворотної мережної води, К	363
5	Середня швидкість вітру, м/с	5

Існує ряд допущень при вирішенні завдань за визначенням теплових втрат, а саме:

- при розрахунку не розглядається спротив стінок труб і каналів в які вони розміщені, це викликано тим, що їх термічне значення опору ізоляційного шару;

- у розрахунках не враховують термічний опоір тепловіддачі від робочого тіла до внутрішньої стінки труби, оскільки воно має менший опір ізоляції;

- термодинамічні характеристики речовин є постійними і відомими величинами;

- шари ізоляції, яким покритий трубопровід складається з: шару чорної (основної) ізоляції, шару чистової ізоляції (руберойд, склотканин і п.). захисне покриття (оцинковане залізо або алюміній). Зважаючи на те, що чистова ізоляція і захисне покриття обладнають значно меншим тепловим опором у порівнянні з опором чорної ізольованої проведенні аналізу можна переглянути;

- одержані розрахункові дані прийняті для системи із закритим типом теплопостачання;

- вважається, що системою герметична і не має дефектів, а значить втрати теплоносія відсутні.

Описані вище фактори відокремлюють реальний експлуатаційний режим роботи більшості теплових мереж України.

2.1 Основні термодинамічні рівняння для визначення теплових втрат

Рішення завдань за визначенням втрати тепла при транспортуванні теплоносія від джерела до кінцевого споживача, засноване на базових температурного обміну.

При допомозі виразу 2.1 здійснюється розрахункові питомих теплових втрат через площу ізоляції трубопроводів.

$$q = \frac{T_{в} - T_{н}}{R}, \frac{Вт}{м}, \quad (2.1)$$

де $T_в$ - температура робітничого тіла (води) в теплових мережах, К;

$T_н$ - температура навколишнього середовища, К;

R - термічний спротив теплопроводу.

При більш детальному розгляді теплових мереж, зазначається наступне, тепла, що передається теплоносієм до навколишнього середовища. внутрішню поверхню трубопроводу, потім шару матеріалу, з якого зроблена труба, далі шару теплої ізоляції і в кінці проходить теплової ізоляції:

$$R = R_{вн} + R_{тр} + R_і + R_н, \frac{м \cdot К}{Вт} \quad (2.2)$$

де $R_{вн}$- є термічних опором внутрішньої поверхні трубопроводу, (м·К)/Вт;

$R_{тр}$ – є термічною опорою стінки труби, (м·К)/Вт;

$R_і$ - є тепловим опором теплоізоляційного шару;

$R_н$ - є термічних опором навантажувального шару теплової ізоляції.

Згідно класичних законів термодинаміки, термічний спротив циліндричної поверхні знаходиться по виразу (2.3):

$$R = \frac{1}{\pi \cdot d \cdot a}, \frac{м \cdot К}{Вт}, \quad (2.3)$$

де d - діаметр трубопровід, м;

α – коефіцієнт тепловіддачі на поверхні, Вт/(m2 · К).

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від поверхні до навколишнього середовища використовують вираз (2.4):

$$\alpha = \alpha_л + \alpha_{прир} + \alpha_{к.вимуш}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (2.4)$$

де $\alpha_л$ – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, Вт/(м^2·К);

$\alpha_{прир}$. – коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції, Вт/(м^2·К);

$\alpha_{\text{к.вимуш}}$ – коефіцієнт тепловіддачі при вимушеній конвекції, Вт/(м^2·К).

При розрахунку коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням застосовують вираз (2.5):

$$\alpha_{\text{л}} = C \cdot \frac{\left(\frac{\text{Т}}{100}\right)^4 - \left(\frac{\text{Т}_\text{н}}{100}\right)^4}{\text{Т} - \text{Т}_\text{н}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (2.5)$$

де C = 3,8 … 4,3, Вт/(м^2·К^4) – коефіцієнт випромінювання.

Т – температура випромінюючої поверхні, К.

Прийнято використовувати формулу Нуссельта для визначення коефіцієнта тепловіддачі від горизонтальної труби до повітря при природній конвекції:

$$\alpha_{\text{прир}} = 1{,}16 \cdot \sqrt[4]{\frac{T - T_H}{d}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.6)$$

У залежності від числа Райнольдка визначається коефіцієнт конвективної тепловіддачі при вимушеній конвекції повітря.

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}, \quad (2.7)$$

де ω – середня швидкість руху середи, м/с;

ν – кінематична в’язкість середи, м^2/с.

Число Рейнольдка визначає режим течії середини, при значенніх Re ≥ 1 · 103 спостерігається періодичний або турбінний режим течії середини.

$$\alpha_{\text{к.вимуш}} = 0{,}216 \cdot \frac{\beta_\text{ф} \cdot Re^{0.6} \cdot \lambda_{\text{ср}}}{d}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.8)$$

Якщо значення числа Рейнольдка Re<1·10^3, то спостерігається ламінарний режим течії середовищі. При ламінарному режимі, розраховує

коефіцієнта тепловіддачі при вимушеній конвекції розраховується за допомогою висловлювання (2.9):

$$\alpha_{\text{к.вимуш}} = 0{,}43 \cdot \frac{\beta_{\text{ф}} \cdot Re^{0.5} \cdot \lambda_{\text{ср}}}{d}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \qquad (2.9)$$

де $\lambda_{\text{ср}}$ – коефіцієнт теплопроводності среди, Вт/(м·К);

d – діаметр циліндричної поверхні, м;

$\beta_{\text{ф}}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує направлення руху середи щодо поверхні.

У таблиці 2.3 наведені значення пружного коефіцієнта на напрямок вітру.

Таблиця 2.3 - Значення пружного коефіцієнта, що враховує напрям потоку вітру.

Φ, град	90	80	70	60	50	40	30	20	10
$\beta_{\text{ф}}$	1	1	0,98	0,95	0,87	0,77	0,67	0,60	0,55

Як правило, коефіцієнт приймається з усередненням $\beta_{\text{ф}}$ = 0,821, це пов'язано з тим, що напрямок вітру є кут Φ відносно осі розкладання трубопроводу достатньо складно.

Виходячи з наведених відомих початкових даних, а саме, температури поверхні ізольованого трубопроводу, завдання по знаходженню втрат теплоти, вирішується методом послідовних наближень: за заданим коефіцієнтом тепловіддачі на зовнішній частині трубопроводу, знаходять питомі теплові тепловтрати та температуру поверхні, робиться перевірка розрахунків із прийнятою і одержуваною розрахунковою величиною α.

Вираз (2.10) дозволяє вирахувати термічний спротив в циліндричному шарі:

$$R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} ln \frac{d_2}{d_1}, \frac{\text{м} \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (2.10)$$

де λ – коефіцієнт, що відбиває теплопровідність шару, Вт/(м·К);

d_1 – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

d_2 - внутрішній діаметр трубопроводу, м.

За допомогою виразу (2.11) знаходимо питомі втрати теплоти ізольованих теплових режим.

$$q = \frac{\pi \cdot (T_{\text{в}} - T_{\text{н}})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{із}}} ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \cdot a_{\text{із}}}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}}, \quad (2.11)$$

де $\lambda_{\text{із}}$ – коефіцієнт показує теплопровідність шару, Вт/(м·К);

$a_{\text{із}}$ - повний коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляції до навколишнього середовища, Вт/(м^2·К);

d_2 – зовнішній діаметр шару ізоляції, що покриває трубопровід, м;

d_1 – навантажувальний діаметр труби, м.

Необхідно враховувати зволоження шару ізоляції. Від того, яка кількість вологи здатний вмістити в себе матеріал, залежить його теплопровідність.

Ефективна теплопровідність звільненого шару ізоляції розраховується за висловом (2.12):

$$\lambda_{\text{еф}} = \lambda_{\text{із}} \cdot \varphi_{\text{із}} + \lambda_{\text{р}} \cdot \lambda_{\text{р}}, \quad (2.12)$$

$$\varphi_{\text{із}} + \varphi_{\text{р}} + 1, \quad (2.13)$$

$$\varphi_{\text{р}}^{max} = f. \quad (2.14)$$

де $\varphi_{\text{із}}$, $\varphi_{\text{р}}$ – об'ємна частка теплоізоляції і рідини відповідно;

$\lambda_{із}$, $\lambda_р$ – довідниковий коефіцієнт теплопровідності ізоляції та рідини відповідно, Вт/(м·К);

φ^{max} – максимальна частка рідині в матеріалі ізоляції;

f – пористість ізоляційного шару.

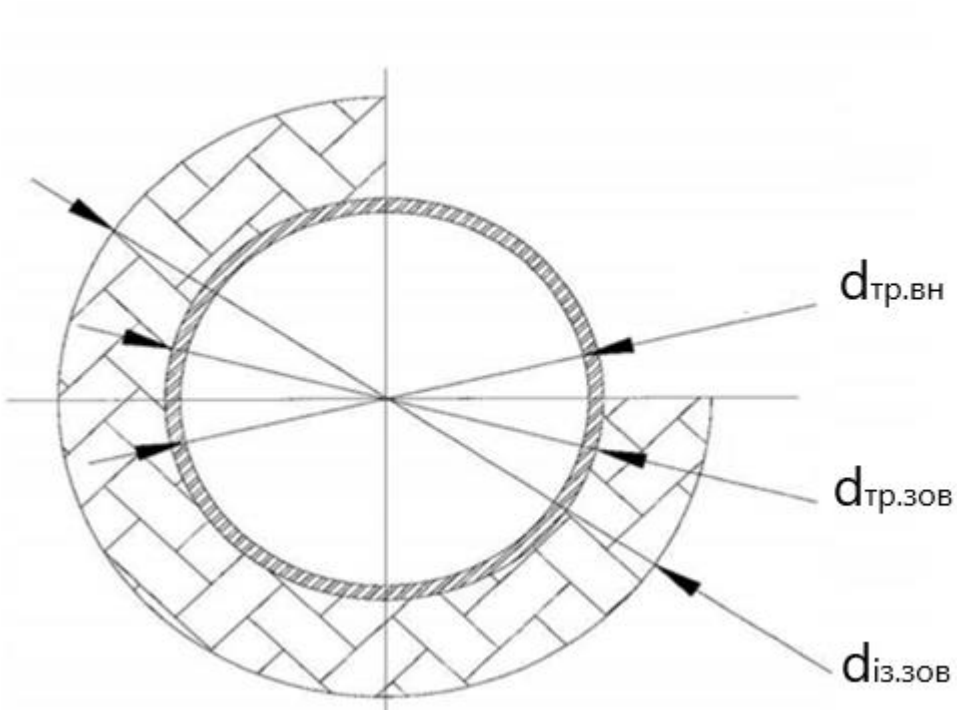
Прийнято вважати, що одна з найбільших удільних теплових втрат пов'язана з вологим повітрям, який взаємодіє з підземними трубопроводами. Вологість що є у повітрі з часом починає проникати в шар ізоляції і витісняти звідти сухої повітря, в результаті коефіцієнт тепловідповідності, призведе до збільшення теплових втрат на дільниці. Як правило при розрахунках коефіцієнт вологовмісту приймають φ^{max} = 0,0126.

При повній відсутності шару ізоляції теплові втрати розраховуються за виразом (2.15):

$$q = \frac{\pi \cdot (T_в - T_н)}{\frac{1}{d_2 \cdot a_{тр}}}, \frac{Вт}{м}, \qquad (2.15)$$

де $a_{тр}$ – повний коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби, Вт/(м^2·К).

Як показує практика, при оцінці питомих теплових втрат, врахувати всі порушення теплоізоляційної конструкції достатньо важко і також важко оцінити та побачити всі дефекти ізоляції. У цьому випадку, при розрахунках відбувається імітація відсутнього або деформованого шару ізоляції, шляхом виключення з області рішення сегменту, розміри яких прирівнюють до розмірів пошкоджених ділянок, що представлено на рисунку 2.2.



$d_{\text{тр.вн}}$ – внутрішній діаметр трубопровід; $d_{\text{тр.зов}}$ - навантажений діаметр трубопровід; $d_{\text{із.зов}}$ – навантажувальний діаметр теплоізоляції

Рисунок 2.2 – Розріз трубопровода з частково відсутній ізоляцією

Теплові втрати енергії через шар ізоляції знайдемо за формулою (2.16):

$$q_{F1} = \frac{T_{\text{в}} - T_{\text{зов}}}{\frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{із}}}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \qquad (2.16)$$

де $T_{\text{в}}$ - температура середовища у трубі, К;

$T_{\text{зов}}$ - температура зовнішнього повітря, К;

$\delta_{\text{із}}$ - товщина теплоізоляційної конструкції теплової мережі, м;

$\lambda_{\text{із}}$ – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, Вт/(м·К);

$\alpha_{\text{із}}$-коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої стінки ізоляційної конструкції, Вт/(м^2·К).

Величину теплових втрат через неізольований ділянку знаходяться по виразу:

$$q_{F2} = \frac{T_в - T_{зов}}{\frac{1}{\alpha_{із}}}, \frac{Вт}{м^2} \quad (2.17)$$

де $\alpha_{із}$ – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні трубопроводу в навколишнє середовище, Вт/(м^2·К).

Для переведення поверхневої щільності теплового потоку (Вт/м^2) в лінійну (Вт/м), віднесену до 1 м довжини трубопроводу, використовують вираз, яке застосовують для переведення вимірювальних втрат теплової енергії за допомогою поверхневих датчиків щільності теплового потоку в лінійні втрати:

$$q_L = q_F \cdot L_{окр}, \frac{Вт}{м}, \quad (2.18)$$

де $L_{окр}$ - довжина дуги кола.

Довжина дуги частини сегмента, що відсутній, теплоізоляційного шару знаходиться за виразом:

$$L_{окр2} = L_{окр} \cdot \Psi, м, \quad (2.19)$$

де Ψ- довжина дуги кола.

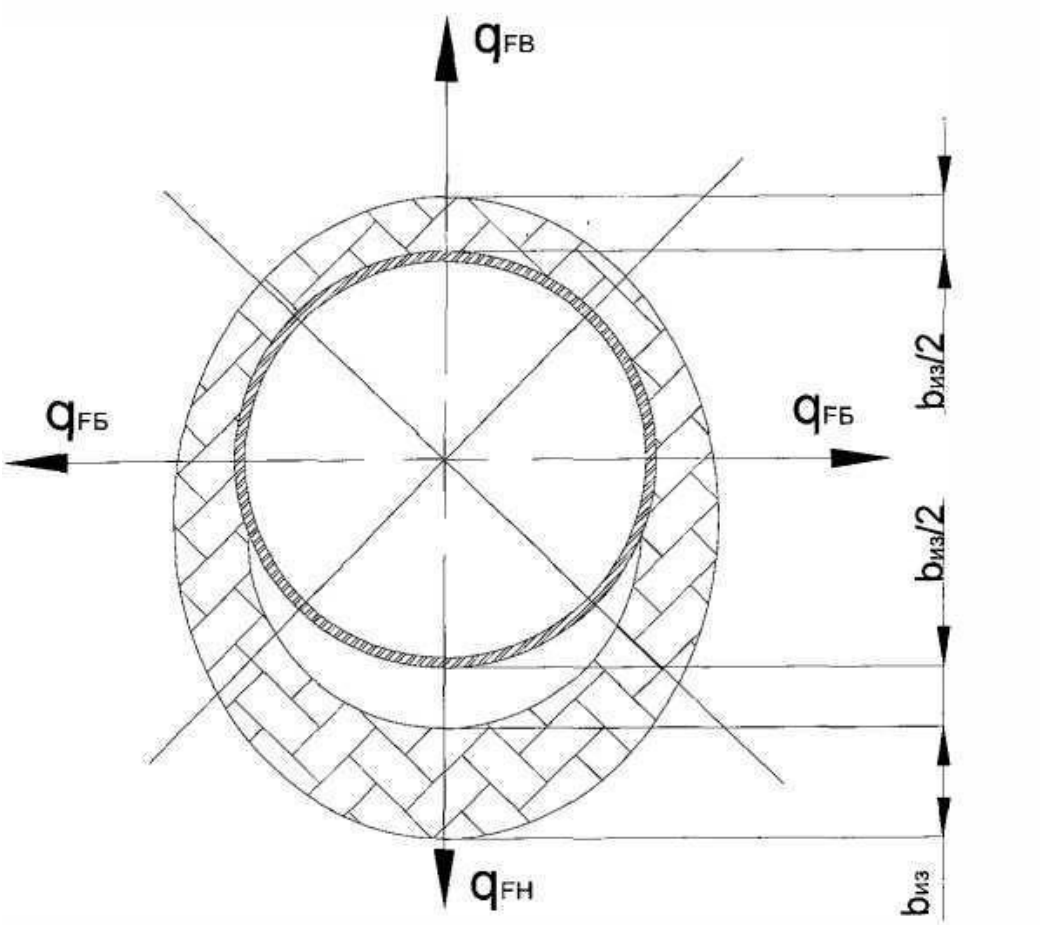
Тоді довжина дуги ізольованої поверхні находиться по виразі (2.20):

$$L_{окр1} = L_{окр} \cdot (1 - \Psi), м. \quad (2.20)$$

Результуючі теплові втрати знаходимо за формулою (2.21):

$$q_L = q_{F1} \cdot L_{окр1} + q_{F2} \cdot L_{окр2}, \frac{Вт}{м}. \quad (2.21)$$

Варто відзначити, що не менш частим дефектом шару ізоляції є її деформація. При розрахунках розмір повітряного прошарку, яка утворюється внаслідок деформації конструкції, приймають рівну товщину верхньої платформи. теплоізоляційної конструкції. Даний випадок представлений на малюнку 2.3.



$q_{Fв}$ - тепловий потік через верхню поверхню трубопровід, Вт/м^2; $q_{FБ}$ - тепловий потік через бокову поверхню трубопровід, Вт/м^2; q_{FH} - тепловий потік через нижню поверхню трубопровід, Вт/м^2; $b_{із}$ - товщина теплоізоляційного шару, м. .

Рисунок 2.3 – Схема області рішення для теплопроводу з помірно деформованою ізоляцією (4 сегменти розбиття)

Тепловий потік через верхню поверхню визначають за формулою:

$$q_{FB} = \frac{T_в - T_н}{\frac{\delta_{із}/2}{\lambda_{із}} + \frac{1}{a_{із}}}, \frac{Вт}{м^2}. \quad (2.22)$$

Тепловий потік через бокову поверхню визначаються за формулою:

$$q_{FB} = \frac{T_в - T_н}{\frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{1}{a_{із}}}, \frac{Вт}{м^2}. \quad (2.23)$$

Тепловий потік через нижню поверхню знаходяться по формулі:

$$q_{FH} = \frac{T_в - T_н}{\frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{із}/2}{\lambda_{еф.пов}} + \frac{1}{a_{із}}}, \frac{Вт}{м^2}, \quad (2.24)$$

де $\lambda_{еф.пов}$ – ефективна теплопровідність повітряної прокладки між стінкою сталевої труби і підвищеною ізоляцією, Вт/(м·К).

У процесі експлуатації, коли в якості ізоляційного матеріалу використовують пінополіуретан, в шарі ізоляції, що провисає, накопичується волога. Це впливає на зміну коефіцієнта теплопередачі і величину втрат теплоти.

У даному випадку, була поліпшена методика розрахунком шляхом додавання коефіцієнтів, що враховують шар вологи і повітряного прошарку.

Схема області рішення при частковій деформації ізоляції зі вологою, що накопичилась, в шарі ізоляції, що провисає, зображено на рисунку 2.3.

У разі наявності скупченої вологи в шарі ізоляції, що провисає, втрати через нижню стінку розраховуються як для тришарової ізоляції:

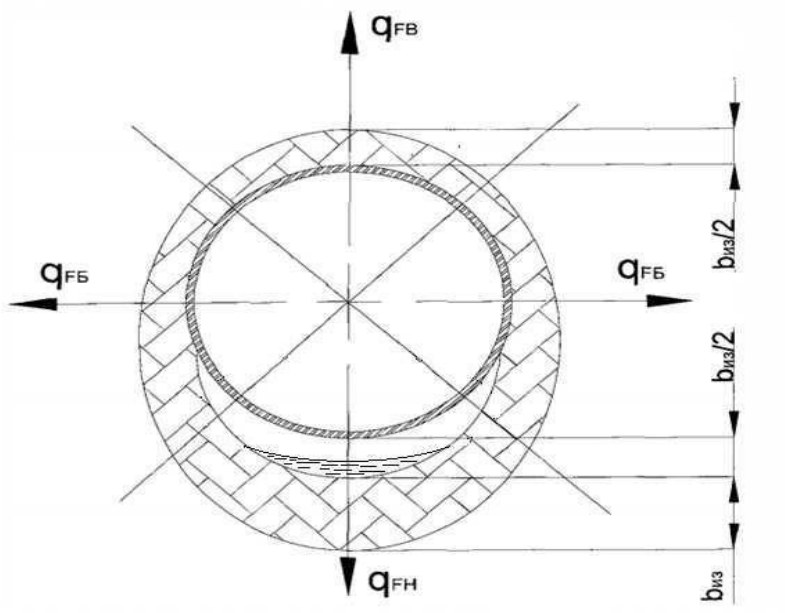


Рисунок 2.4 – Схема області рішення для трубопроводу при частковій деформації ізоляції з вологою, що скопилася, в шарі ізоляції, що провисає

$$q_{FH} = \frac{T_в - T_н}{\frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{пов}/\Delta\delta_{пров}}{\lambda_{еф.пов}} + \frac{\delta_{вл}/\Delta\delta_{пров}}{\lambda_{еф.вод}} + \frac{1}{a_{із}}}, \frac{Вт}{м^2}, \quad (2.25)$$

де δвл – товщина водяного шару, м;

$\lambda_{еф.вод}$ - ефективна теплопровідність водяного шару, Вт/(м·К).

Для переведення в лінійні втрати, необхідно визначити довжину дуги кола верхньої, бокової і нижньої частини трубопроводу:

$$l_в = \frac{\pi \cdot (d_{тр.н} + \delta_{із})}{4}, м; \quad (2.26)$$

$$l_Б = \frac{\pi \cdot (d_{тр.н} + 2 \cdot \delta_{із})}{4}, м; \quad (2.27)$$

$$l_Н = \frac{\pi \cdot (d_{тр.н} + 3 \cdot \delta_{із})}{4}, м. \quad (2.28)$$

Лінійні теплові втрати від теплопроводу з деформованою ізоляцією знаходяться додаванням теплових потоків на довжину відповідного кола:

$$q_L = q_{F\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + 2 \cdot q_{F\text{Б}} \cdot l_{\text{Б}} + q_{F\text{Н}} \cdot l_{\text{Н}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Доведено, що точність знаходження теплових втрат методом розбиття трубопроводу на сегменти, що не істотно збільшується при збільшенні кількості розбиття.

У даному методі враховані теплофізичні характеристики ізоляції, які здатні надавати більший вплив на тепловий опір теплоізоляційного контура. Дана методика була вдосконалена, шляхом обліку додаткової втрати тепла від накопиченої вологи в ізоляції, що провисає.

2.2 Вплив експлуатаційних факторів на теплові втрати трубопроводом

На рисунку 2.5 показаний друга ділянка теплової мережі р. Вільнянськ. Як видно з рисунка, у схемі прокладки застосовується підземна канальна кладка, в якості ізоляції використовується мінеральна вата.

У таблиці 2.4 наведені температурні зміни температур робочого тіла в подаючому і зворотному трубопроводах, а також розподілення температур шару трубопроводів.

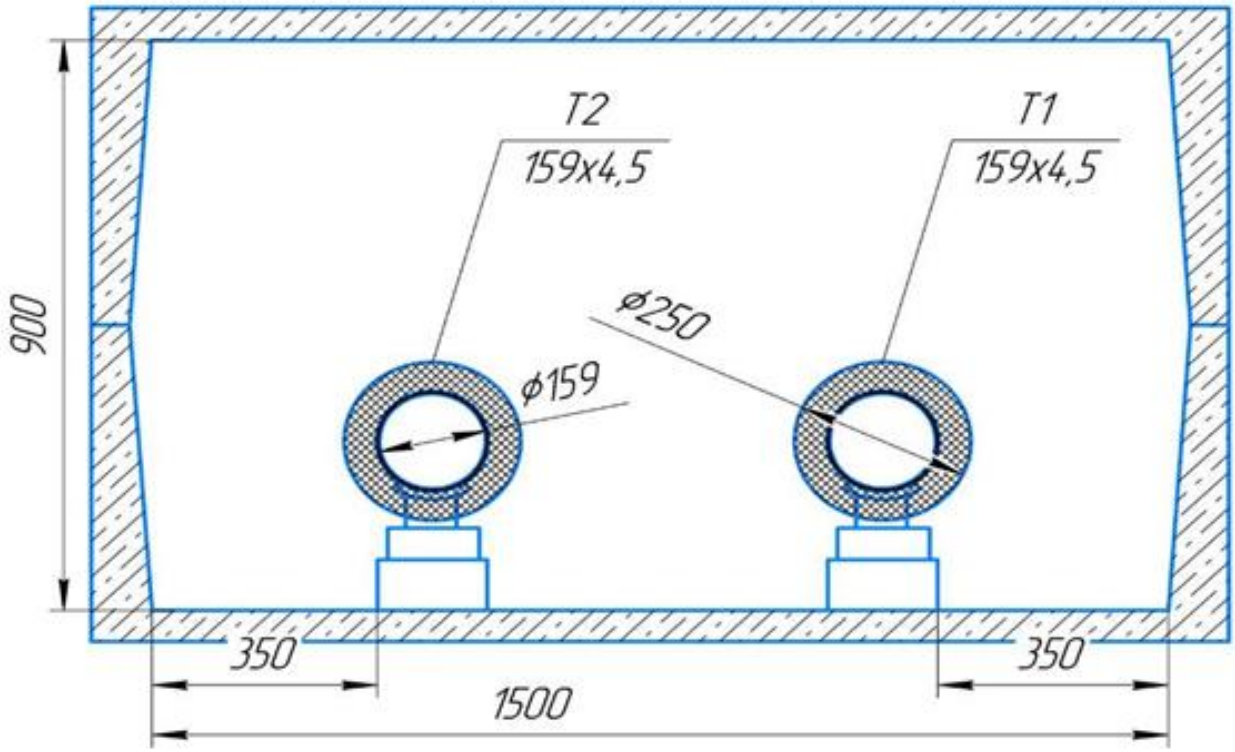


Рисунок 2.5 – Схема прокладання теплової мережі

Таблиця 2.4 – Розподіл температур подаючого та зворотного трубопроводів.

№ дільниці	$T_{под}$, К	$T_{зв}$, К	$T_{гв}$, К	$T_{хв}$, К
1	310	293	368,2	321
2	305,2	297,3	363,4	321,2
3	305,1	297,4	362,7	323,3
4	304,9	299,6	362,6	323,4
5	304,9	298,5	362,6	323,1
6	304,8	298,5	362,2	323,3
7	304,9	298,5	362,1	323,5
8	304,8	299	362,0	323,5
9	304,5	298,7	361,9	323,5
10	304,3	298,9	362,0	323,5
11	304,5	299	362,6	323,5
12	304,5	299	362,5	323,2
13	303,8	298,9	362,3	323,3
14	303,4	299,2	362,2	323,3
15	303,2	299,4	362,0	323,3
16	302,5	299,4	361,9	323,4
17	303,2	299,4	362,0	323,3

Зауважимо, що тепловміст мережної води в зворотному трубопроводі менше ніж у подаючому. Тому під час охолодження подаючого трубопроводу приходить, нагрів повітря всередині каналу, температура якого орієнтовно рівна температурі мережевої води в зворотному трубопроводі. Цей процес викликає незначну зміну температури мережної води в зворотному трубопроводі.

Варто відзначити, що зважаючи на порівняно невелике видалення кінцевих споживачів від джерела теплопостачання, зміна температури незначні. Однак існують трубопроводи, довжина яких розтягується на сотні кілометрів, у таких випадках зниження температури робочого тіла дуже велика.

2.3 Визначення питомої теплової втрати тепломережі

Оцінимо питому теплову втрату для першої ділянки теплоти з урахуванням родового експлуатаційного стану ізоляційного шару.

Вихідні дані для розрахунку подані в таблицях 2.1, 2.4.

За допомогою формули (2.6) знайдемо коефіцієнт тепловіддачі від горизонтальної труби до повітря при природній конвекції:

$$\alpha_{\text{прир}} = 1{,}16 \cdot \sqrt[4]{\frac{310-293}{0{,}25}} = 3{,}331, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Використовуючи вираз (2.5) отримаємо коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням

$$a_{\text{л}} = C \cdot \frac{\left(\frac{310}{100}\right)^4 - \left(\frac{293}{100}\right)^4}{310-293} = 4{,}498, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$\alpha_{\text{л}} = \text{С} \cdot \frac{\left(\frac{310}{100}\right)^4 - \left(\frac{293}{100}\right)^4}{310 - 293} = 4{,}498, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Число Рейнольдса визначає режим течії середини, при значеннях $Re \geq 1 \cdot 10^3$ спостерігається періодичний або турбінний режим течії середини.

СНіП встановлюють допустиму і оптимальну швидкість повітря в канальній кладці, в межах від 0,1 м/с до 0,15 м/с, але не більше 0,3 значення швидкості повітря w = 0,15 m/c.

$$Re = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}25}{15 \cdot 10^{-6}} = 2{,}5 \cdot 10^3.$$

У даному випадку вийшов турбулентний режим течії води. Далі використовуючи формулу (2.8) визначаємо коефіцієнт конвективної тепловіддачі при вимушеній конвекції повітря.

$$\alpha_{\text{к.вим}} = 0{,}216 \cdot \frac{0{,}87 \cdot (2{,}5 \cdot 10^3)^{0{,}6} \cdot 0{,}026}{0{,}25} = 2{,}112, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Застосувавши вираз (2.4) знайдемо коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до навколишнього середовища Вт/(м^2·К):

$$a = 4{,}498 + 3{,}331 + 2{,}112 = 9{,}942 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Ефективна теплопровідність звільненого шару ізоляції розраховується за виразом (2.12), Вт/(м·К):

$$\lambda_{\text{еф}} = 0{,}035 \cdot 0{,}9 + 0{,}6 \cdot 0{,}1 = 0{,}092.$$

За допомогою виразу (2.11) знаходяться питомі втрати ізольованих теплових мереж:

$$q = \frac{3,14\cdot(368,2-293)}{\frac{1}{2\cdot0,092}\cdot ln\frac{0,25}{0,15}+\frac{1}{0,25\cdot9,942}} = 73,9, \frac{Вт}{м^2}.$$

Для інших ділянок мережі, розрахунок відбувається за аналогічною методикою з урахуванням особливостей стану теплоізоляції.

Результати розрахунку представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Питомі теплові втрати ділянок теплової мережі

№ уч-ка	Умовний діаметр, мм	Довжина ділянки, м	Зовнішній діаметр ізоляції, мм	Умови експлуатації та стан ізоляції	Питомі теплові втрати подаючого трубопроводу Вт/м2	Питомі теплові втрати зворотного трубопроводу Вт/м2
1	150	80	250	40% зволоження ізоляції	73,9	65,6
2	150	140	250	40% зволоження ізоляції	69,4	61,5
3	150	410	250	40% зволоження ізоляції	67,8	59,8
4	100	130	250	40% зволоження ізоляції	68,3	63,5
5	150	140	250	Вологе повітря у каналі	51,1	48,3
6	150	145	250	Вологе повітря у каналі	50,8	47,1
7	150	50	250	100% зволоження ізоляції	78,9	71,1
8	80	160	160	100% зволоження ізоляції	83,6	75,9
9	150	140	250	Деформація ізоляції	78,5	46,3
10	80	145	160	Вологе повітря у каналі	68,1	42,5
11	150	70	250	Вологе повітря у каналі	67,4	51,6
12	150	30	250	Вологе повітря у каналі	65,3	43,6
13	100	100	180	Вологе повітря у каналі	68,5	39,8

14	100	240	180	100% зволоження ізоляції	76,3	61,77
15	100	80	180	100% зволоження ізоляції	75,1	61,6
16	50	140	177	Вологе повітря у каналі	66,2	42,9
17	50	210	177	Вологе повітря у каналі	68,7	42,6

Для розрахунку абсолютної втрати по всій довжині ділянки використовує формулу 2.30:

$$L1 = \pi \cdot d_2 \cdot L \cdot \frac{q}{1000}, \text{кВт};$$

$$L = 3{,}14 \cdot 0{,}25 \cdot 80 \cdot \frac{73{,}9}{1000} = 4{,}643, \text{кВт};$$

Для інших ділянок теплової мережі, розрахунок проводиться за аналогічною методикою з урахуванням особливостей стану теалоізоляціного шару. Результати представлені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Абсолютні теплові втрати по всій довжині ділянки

№ уч.	Довжина ділянки, м	Зовнішній діаметр ізоляції, мм	Абсолютні втрати тепла по подаючому трубопроводу, кВт	Абсолютні втрати тепла по зворотному трубопроводу, кВт
1	80	250	4,64	1,22
2	140	250	7,63	1,88
3	410	250	21,82	5,22
4	130	250	6,97	1,77
5	140	250	5,62	1,08
6	145	250	5,78	1,09
7	50	250	3,10	0,88
8	160	160	6,72	3,19
9	140	250	8,63	1,60
10	145	160	4,96	1,32

				Продовження таблиці 2.6
11	70	250	3,70	0,7б
12	30	250	1,54	0,27
13	100	180	3,87	0,8б
14	240	180	10,35	3,55
15	80	180	3,40	1,1б
16	140	177	5,15	1,25
17	210	177	8,02	1,93

Сумарні втрати по всій довжині ділянки подаючого трубопроводу становлять 111,89 кВт, по зворотному трубопроводу 29,02 кВт.

2.4 Розрахунок втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія

Під поняттям «проектні втрати», прийнято вважати втрати тільки в рік укладення мереж і їх геометричні параметри, в облік не йдуть експлуатаційні фактори теплоізоляційних конструкцій теплових мереж.

Розрахункові теплові втрати - це втрати з врахуванням реального стану теплової ізоляції з урахуванням зовнішніх факторів, в яких експлуатується трубопровід (таблиці 2.7 та 2.8).

Таблиця 2.7 – Розрахункові та проектні теплові втрати в подаючому трубопроводі теплової мережі, що розглядається

№ уч.	Умови експлуатації та стан ізоляції	Питомі теплові втрати подаючого трубопроводу Вт/м^2	Нормативні теплові втрати подаючого трубопроводу Вт/м^2	Відносні втрати Δ,%
1	40% зволоження ізоляції	73,9	65,2	13,34
2	40% зволоження ізоляції	69,4	58,6	18,43
3	40% зволоження ізоляції	67,8	57,1	18,74
4	40% зволоження ізоляції	68,3	58,3	17,15
5	Вологе повітря у каналі	51,1	45,5	12,31
6	Вологе повітря у каналі	50,8	44,7	13,65
7	100% зволоження ізоляції	78,9	50,1	57,49
8	100% зволоження ізоляції	83,6	62,5	33,76
9	Деформація ізоляції	78,5	59,3	32,38
10	Вологе повітря у каналі	68,1	63,1	7,92
11	Вологе повітря у каналі	67,4	61,4	9,77
12	Вологе повітря у каналі	65,3	59,7	9,38
13	Вологе повітря у каналі	68,5	62,3	9,95
14	100% зволоження ізоляції	76,3	44,1	73,02
15	100% зволоження ізоляції	75,1	43,1	74,25
16	Вологе повітря у каналі	66,2	63,5	4,25
17	Вологе повітря у каналі	68,7	64,1	7,18

На рисунку 2.6 показана різниця нормативних і розрахункових теплових втрат за дільницями теплової мережі подаючого трубопроводу.

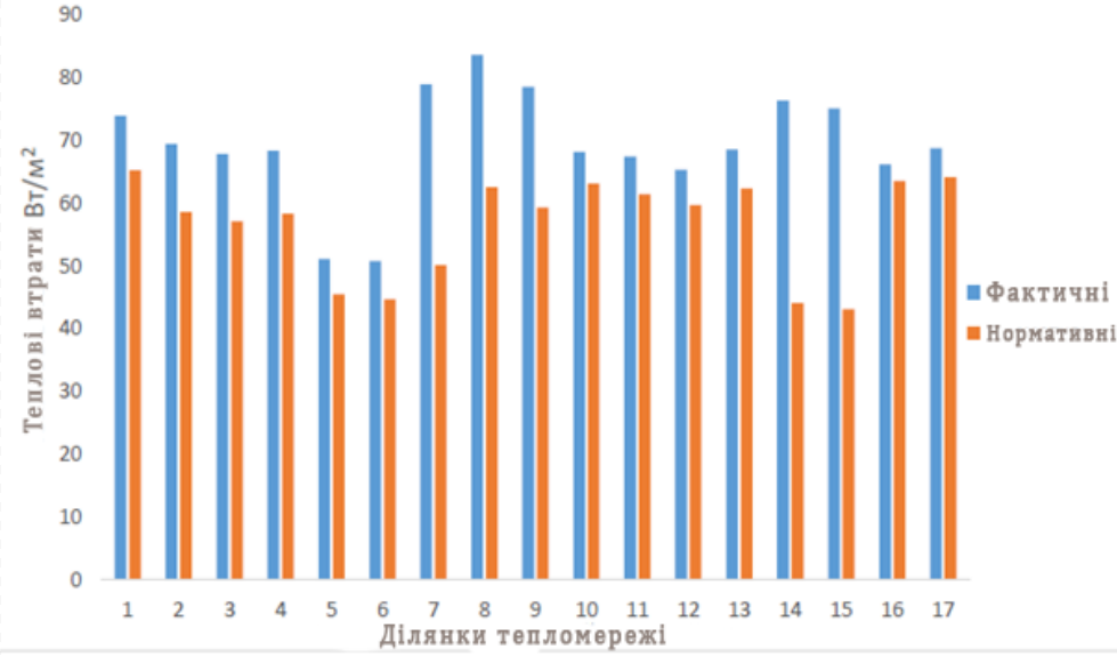


Рисунок 2.6 – Порівняння проектних і розрахункових теплових втрат подаючого трубопроводу

Виходячи з отриманих даних, видно, що самі великі втрати в подаючому трубопроводі, відбуваються при деформації і звільнення шару ізоляції.

Таблиця 2.8 – Розрахункові та проектні теплові втрати в зворотному трубопроводі розглянутої теплової мережі

№	Умови експлуатації та стану ізоляції	Питомі теплові втрати подаючого трубопроводу, Вт/м^2	Нормативні теплові втрати подаючого трубопроводу, Вт/м^2	Відносні втрати, Δ, %
1	40% зволоження ізоляції	65,6	57,2	14,69
2	40% зволоження ізоляції	61,5	53,б	14,74
3	40% зволоження ізоляції	59,8	47,8	25,10
4	40% зволоження ізоляції	63,5	51,3	23,78
5	Вологе повітря у каналі	48,3	41,7	15,83
б	Вологе повітря у каналі	47,1	40,8	15,44

				Продовження таблиці 2.8
7	100% зволоження ізоляції	71,1	43,2	б4,58
8	100% зволоження ізоляції	75,9	44,1	72,11
9	Деформація ізоляції	46,3	39,2	18,11
10	Вологе повітря у каналі	42,5	38,2	11,26
11	Вологе повітря у каналі	51,6	45,5	13,41
12	Вологе повітря у каналі	43,6	39,3	10,94
13	Вологе повітря у каналі	39,8	34,2	16,37
14	100% зволоження ізоляції	61,77	46,4	33,13
15	100% зволоження ізоляції	61,6	42,3	45,63
16	Вологе повітря у каналі	42,9	38,9	10,28
17	Вологе повітря у каналі	42,5	37,7	13,00

На малюнку 2.7 показана різниця нормативних і розрахункових теплових втрат за дільницями теплової мережі зворотного трубопроводу.

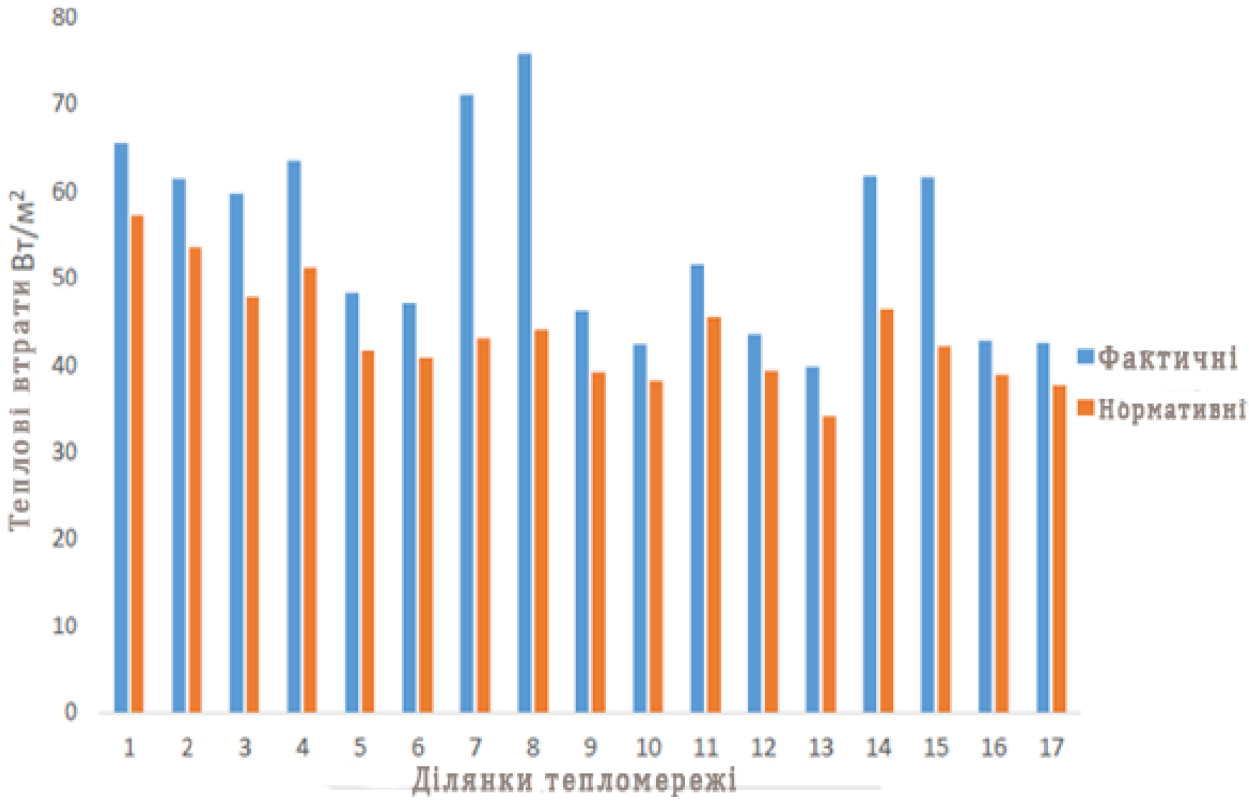


Рисунок 2.7 – Порівняння проектних і розрахункових теплових втрат зворотного трубопроводу

З отриманих даних видно, що врахування реального стану шару ізоляції на трубопроводі, при розрахунку, веде до збільшення тепловтрат.

У залежності від масштабності і виду дефекту ізоляції теплові втрати можуть змінюватися в широкому діапазоні, в кілька разів перевищуючи проектні втрати.

Особливо сильний вплив на збільшення теплових втрат виявляє експлуатаційний фактор, зволоження ізоляції - збільшення втрат більше ніж 2 рази (рисунок 2.8)

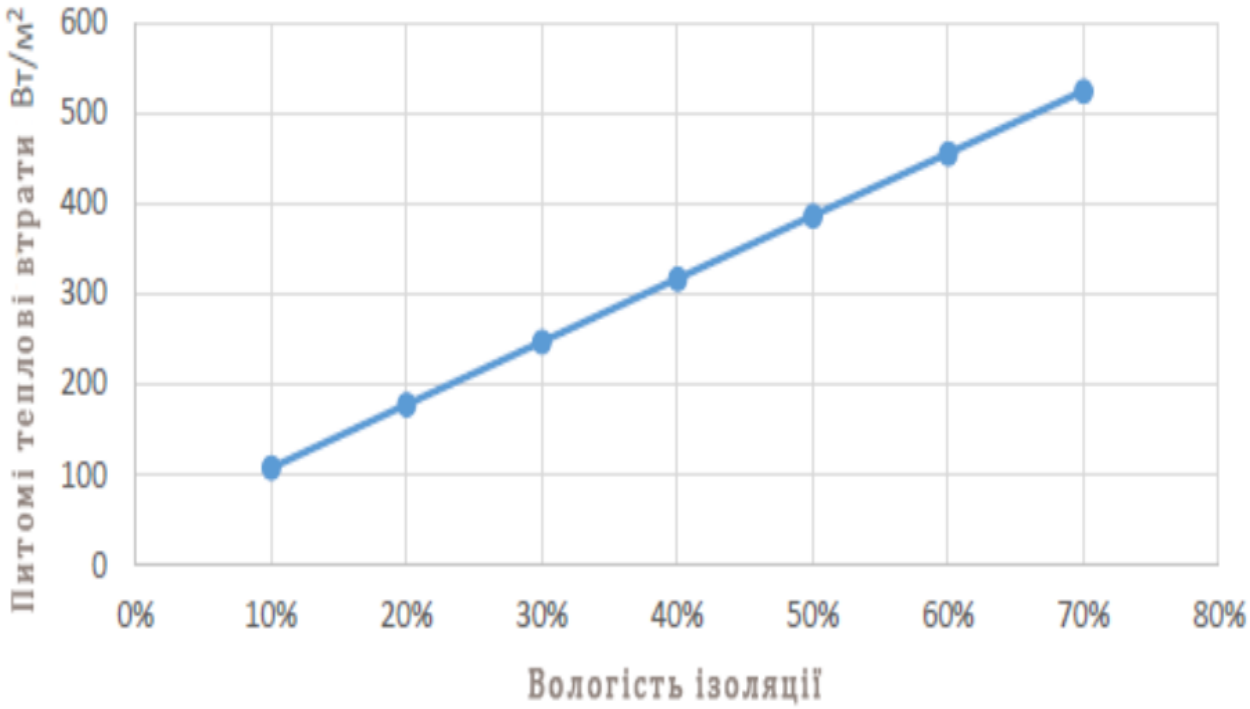


Рисунок 2.8 – Залежність теплових втрат від вологості ізоляції

Варто відзначити, що також важливу долю в збільшенні коефіцієнта теплопередачі з поверхні труби має руйнування теплоізоляції (рисунок 2.9). При відсутності 25% ізоляції на трубопроводі теплові втрати для ППУ ізоляції збільшуються в 7,5 разів, для МВ в 5,6 разів.

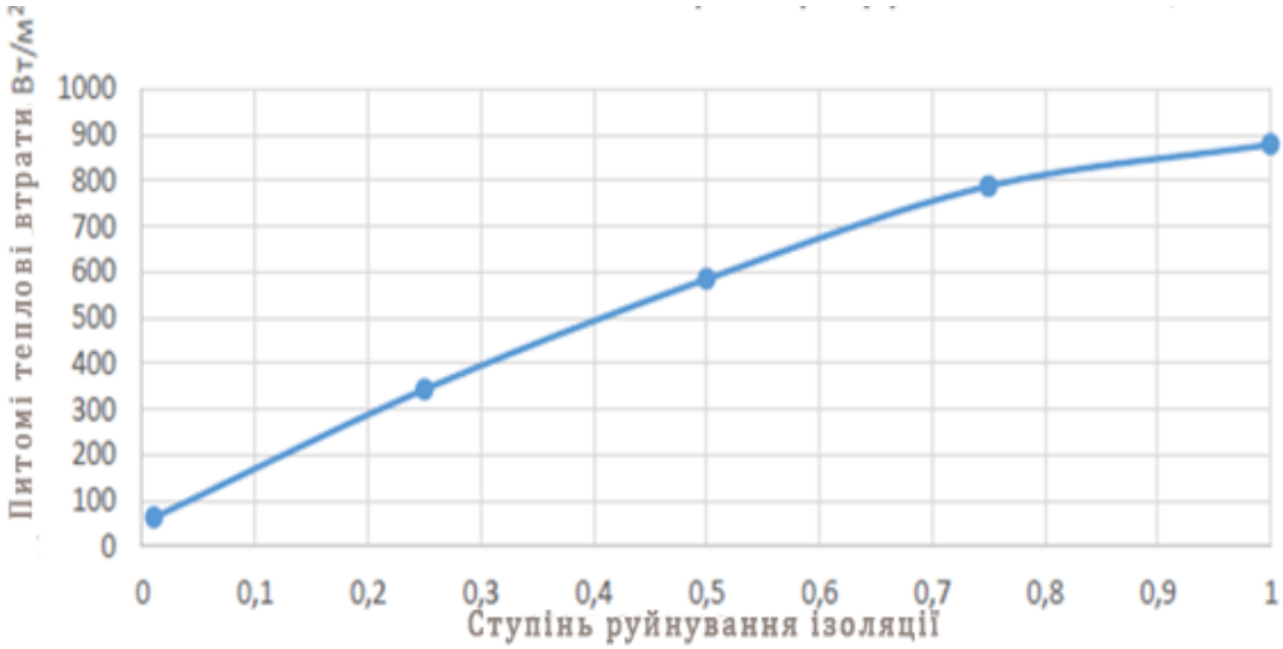


Рисунок 2.9 – Залежність теплових втрат від руйнування ізоляції

Помірна деформація теплоізоляції призводить до збільшення втрат теплової енергії через теплоізоляційні конструкції трубопровід для ППУ 1,5 рази, для мінеральної вати в 1,4 рази.

За рахунок впливу природних явищ таких, як теплоперепад температур і інші експлуатаційні фактори, відбувається деформація трубопроводів, що змінює нижню частину профілю теплоізоляційної конструкції на еліпс.

Отримані результати, що наведені в таблиці 2.7 і 2.8 дозволяють точно оцінювати теплові втрати в теплових мережах і своєчасно вивищувати причини. Варто відзначити, що розрахунковий спосіб визначення теплових втрат, значно менше витратний, чим ведення дорожніх випробувань значень теплових втрат. Запропонована методика розрахунків дозволяє більше оперативно оцінювати теплові втрати для будь-якої конфігурації теплової мережі при наявності вдвічі. камер, гігрометрів і інших датчиків. У той час як проведення натурних випробувань накладає ряд обмежень на вибір випробуваних дільниць. Це призводить до того, що випробування проводяться дуже рідко, як правило, в неживильний період і в основному на магістральних теплових мережах.

2.5 Методи зниження теплових втрат на теплових мережах

Для зменшення втрат тепла в канальних теплових магістралях необхідно максимально усувати попадання вологи в канал. Для цього необхідним додатковим шаром цементного розчину з домішками гуми замазати з'єднувальні шви каналів (рисунок 2.12). На всі дотичні до ґрунту поверхі також необхідно нанести бітум, або обробляти олеофобним покриттям.

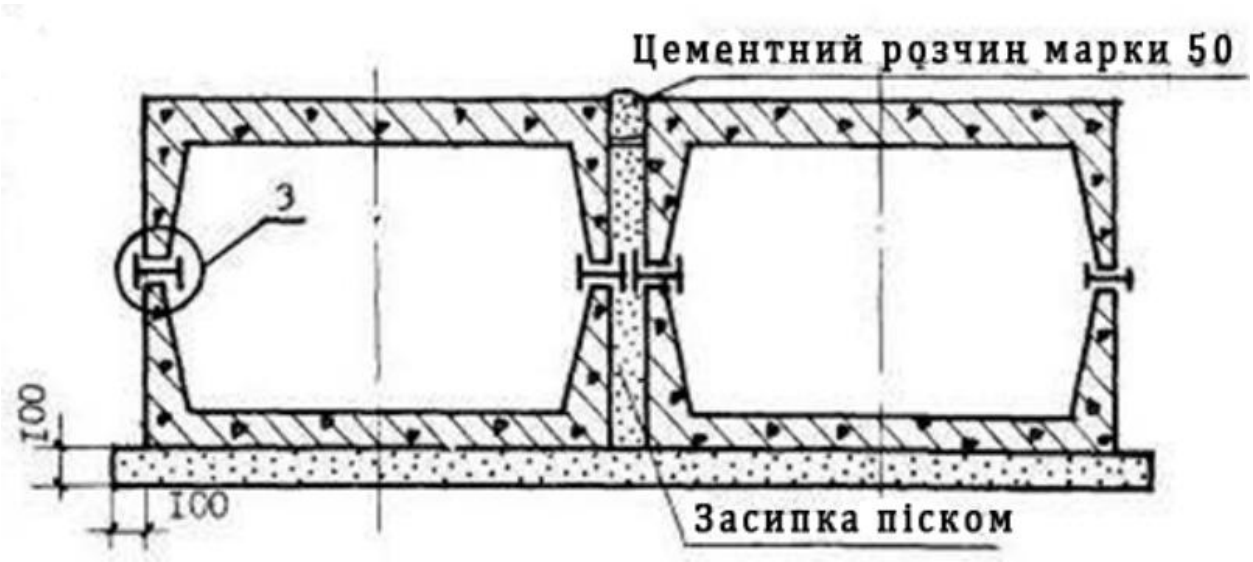


Рисунок 2.12 – Засипка швів у канальній прокладці

Для безканального прокладання трубопроводу необхідно нанести оліофобне покриття на зовнішній шар ізоляції, прокладати всі теплові мережі відповідно до стандарту. Необхідний рівень енергозбереження багато в чому залежить від якості проектування. Проектування слід здійснювати на підставі чинних нормативних документів, серед яких основним є СНіП 2.04.14-88 "Теплова ізоляція обладнання та трубопроводів обладнання та трубопроводів» з метою додаткового відведення вологи використовують дренуючий шар грунту, піску або гетекстилю.

Також зазначається, що використання додаткової вентиляції каналів сприяє зменшенню вологості каналу, яка зменшує інтенсивність тепломасообміну. Збільшення інтенсивності вентиляції повітря, є системою з природною циркуляцією повітря за рахунок гравітаційного напору, причому

одна шахта є витяжною а інша припливною. При цьому відбувається осушення каналів, яке також може зменшити швидкість корозії металічних конструкцій до 60%.

Переважним способом прокладки теплових мереж в Україні є прокладка в непрохідних каналах з мінеральною ватною теплоізоляцією (80%). Досвід експлуатації показав, що використання в якості ізоляційного матеріалу мінеральної вати не забезпечує економічний клімат. тому що в процесі експлуатації теплозахисні властивості теплоізоляційних конструкцій різко знижуються внаслідок великої частоти деформації труб з-за зовнішньої корозії, зволоження та руйнування теплоізоляції, що призводить до значних втрат тепла (які в 2-3 рази перевищують нормативні). Використання ізоляції з пінополіуритану сприяє збільшенню часу дійсної деформації ізоляції відповідно до ізоляції з мінеральної вати, що володіє більш низьким коефіцієнтом температуропровідності, що відбивається на більш високих теплоізолюючих показниках матеріалу.

Висновки до розділу 2

Проведено аналіз впливу поширених експлуатаційних дефектів теплової ізоляції на питому теплову втрату, встановлено. втрату виявляє ступінь руйнування шару ізоляції; також на теплову втрату значно впливає вологопоглинання в теплоізоляційному шарі.

Проведений аналіз показує неефективність використання застарілих матеріалів і технологічний прокладки мережі, що вимагає впровадження в експлуатацію. теплоізоляційних матеріалів і способів прокладки теплової мережі.

Наведено ряд технологічних рекомендацій для зменшення теплових втрат теплових мереж – використання ППУ в якості теплоізолюючого шару, а також використання каналів які мають вентиляцію.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Дослідження проводилося в приміщенні лабораторії площею 110 м^2. Обладнання лабораторії: теплогенератор НК-36СТ, гідравлічний прес ПО-21.

На рисунку 3.1 зображено план лабораторії

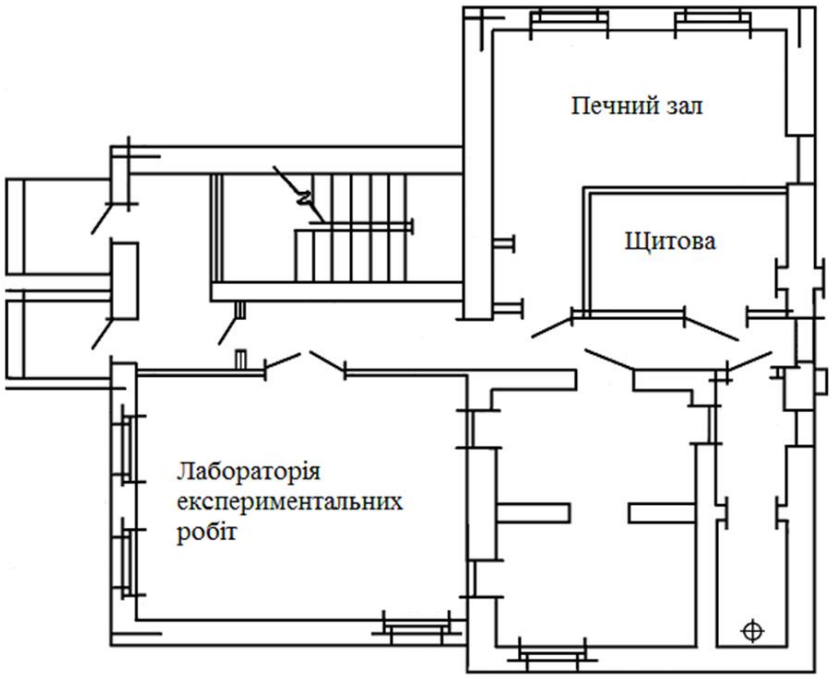


Рисунок 3.1 - План лабораторії

Шкідливі речовини, що застосовуються у виробництві і утворюються при веденні технологічного процесу:

- паливо (природний газ)
- масло вбирне кам'яновугільне;
- окис вуглецю (CO), сірчаний газ (SO_2), сірководень (H_2S) .

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони наведені в таблиці 3.1.

Пожежну небезпеку представляють:

- масло вбирне кам'яновугільне;

- нафтовий кокс.

Шкідливі й небезпечні фактори при виконанні операцій технологічного процесу:

- пил вуглецевий (дробарки, кульові млини);

- пари пеку й масла кам'яновугільного поглинального(змішувальна машина);

- теплове випромінювання (печі);

- можливість ураження електричним струмом (вимірювальне обладнання, печі);

- окис вуглецю, сірчаний газ, сірководень (смесильні машини);

- вібрація (дробарки, грохоти);

- шум (кульові млини, дробарки, грохоти).

Таблиця 3.1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, рівень небезпечних факторів і дія на організм людини

Найменування речовин і факторів	Клас небезпеки	Гранично допустима концентрація, мг/м^3 або рівень	Пожежо-вибухонебезпечність	Дія на організм людини	Засоби індиві-дуального захисту
1	2	3	4	5	6
Нафтовий кокс (пил нафтовий)	4	6	Пальна речовина, температура запалення близько 440 °С, температура самозаймання близько 500 °С, температура тління близько 300 °С. Пожежонебезпечний.	Переважно фіброгенна дія	Пелюстка типу "Хибина"
Пек каменновугільний	2	0,2	Пальна речовина, температура запалення не нижче 250 °С, температура спалаху не нижче 210 °С, температура самозаймання не нижче 570 ° С, область займання парів (125 - 145) °С. Пожежонебезпечний.	Канцерогенна, загальнотоксична, Фотодинамічна дія	Пелюстка типу "Акація", Мазь "Бар'єр"
Масло вбираюче кам'яновугільне	3	-	Температура займання (127 - 130) ° С, температура спалаху (100 - 150) °С, температура самозаймання (470-480) °С. Пожежонебезпечно.	Дратує дихальні шляхи, впливає на шкірні покриви (дерматити, екзема)	Пелюстка типу "Акація", Мазь "Бар'єр"

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Окис вуглецю (CO)	4	20	Пальна речовина	Надає отруйну дію	Пелюстка типу "Акація"
Сірчаний ангідрид (SO_2)	3	10	-	Дратує дихальні шляхи і кровотворні органи	Пелюстка типу "Акація"
Сірководень (H_2S)	2	10	Пожежонебезпечний	Діє на центральну нервову систему, дратує слизову оболонку очей і верхніх дихальних шляхів	Пелюстка типу "Акація"
Кислота стеаринова	-	-	Білі з кремовим відтінком блискучі лусочки або зернистий порошок. Температура плавлення від 66 до 71 °C	Може викликати роздратування шкіри	Мазь "Бар'єр"
Шум	-	85 ДБА	-	Викликає стомлюваність	Навушники Заглушники типу "Беруші"
Магнітне поле електричного струму	-	10 МТл	-	Викликає стомлюваність і знижує здатність рухову	Дотримуватися відстані

Таблиця 3.2 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки II клас небезпеки III-IV клас небезпеки						
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	6	4				50
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ						
4	Шум, дБА	50	48				50
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^2						
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, ^{0}С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	15– 27 не більше 0,4 не більше 75	21 0,1 60				100 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці - Середньої важкості-IIа, категорія напруженості праці - незначна					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в лабораторії характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

3.2 Заходи з поліпшення умов праці

Основні організаційно-технічні заходи захисту від шкідливих і небезпечних факторів:

- індивідуальні засоби захисту;
- попереджувальні написи, плакати і схеми (на робочих місцях повинні бути розміщені схеми стропування вантажів, схеми складування продукції і т.п.);
- світлова і звукова сигналізації;
- огородження (повинні бути встановлені на всіх обертових і рухомих частинах обладнання та виготовлені з листової сталі або металевої сітки з розмірами комірки не більше 20 мм) у відповідності з вимогами ДСТУ 12.2.062-81;
- аспіраційні укриття технологічного обладнання;
- гальмові пристрої;
- блокування обладнання;
- пневмоприбирання території;
- заземлення електроустаткування відповідно з ДСТУ 12.1.030-81;
- періодичний контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони згідно з ДСТУ 12.1.005-88;
- щорічна перевірка знань інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки.

3.3 Виробнича санітарія

Робота в лабораторії відноситься до категорії середньої тяжкості, яка потребує незначної фізичної напруги

тому повинні дотримуватися такі вимоги:

- оптимальна температура повітря – 18…23 °С (допустима – 15…27 °С);

- оптимальна відносна вологість – 40…60% (допустима – не більше 75%);

- оптимальна швидкість руху повітря - 0,3 м/с (допустима – 0,4 м/с).

Вентиляція - організований повітрообмін - застосовується для створення нормальних метеорологічних умов, видалення шкідливостей, що виділяються при виконанні різних робіт і технологічних операцій. Залежно від призначення вентиляція - може бути припливною і витяжною. Витяжна вентиляція влаштовується для видалення забрудненого повітря з приміщення і викиду його за межі, припливна - для подачі в приміщення чистого повітря.

Залежно від способу організації повітрообміну розрізняють вентиляцію місцеву і загальнообмінну. Місцева приточна вентиляція служить для подачі свіжого повітря до певного робочого місця для забезпечення нормалізації повітряного середовища. Найчастіше її застосовують для зниження температури в гарячих цехах влітку або попередження впливу холодних потоків повітря взимку. Місцева витяжна вентиляція забезпечує видалення перегрітого або забрудненого повітря від місць його утворення, що виключає поширення шкідливих виділень по приміщенню і забруднення повітря.

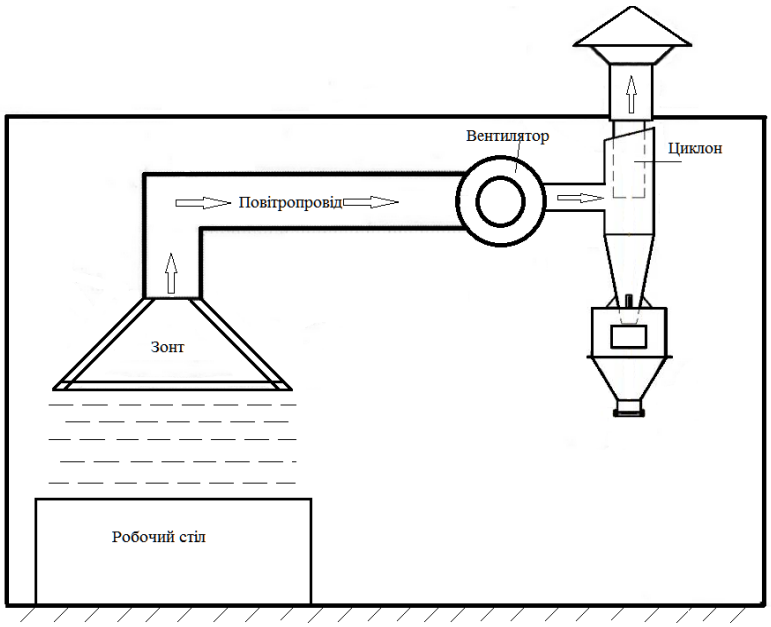


Рисунок 3.2 - Схема витяжної вентиляції в приміщенні лабораторії

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і може з’явитися причиною нещасних випадків і захворювань очей.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, створюваним прямими сонячними променями і розсіяним світлом небозводу; штучним, створюваним електричними джерелами світла і суміщеним, при якому недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним.

Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується СНіП II-4-79 і визначається, в основному, характеристикою зорової роботи. Як джерела штучного освітлення широко використовуються лампи розжарювання і газорозрядні лампи.

Лабораторія, в якій проходить дослідження еоектрофізичних параметрів самообпалювальних електродів для рудотермичних печей, має природне і штучне освітлення.

Джерелом природного освітлення в дослідницькій аудиторії є вікно, яке знаходиться напроти робочого простору.

Джерелом штучного освітлення для загального освітлення дослідницької аудиторії, є 4 світильники. Кожен світильник оснащений 4 люмінесцентними лампами денного світла (ЛТБ), потужністю по 18 Вт кожна.

Місцеве освітлення робочого простору створює настільний світильник з лампою розжарювання потужністю в 60 Вт.

3.4 Природне і штучне освітлення

Основними поняттями, що характеризують світло, є світловий потік. Сила світла, освітленість і яскравість. Світловим потоком називають потік променистої енергії, оцінюваний оком по світловому відчуттю.

Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Поліпшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть у тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. 90 % інформації людина отримує через органи зору. Світло впливає на обмін речовин, серцево-судинну систему, нервово-психічну сферу. Раціональне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, його безпеки. При недостатньому освітленні і поганому його як відбувається швидке втомлення зорових аналізаторів, підвищується травматичність. Дуже висока яскравість викликає порушення функції очі.

Якісні характеристики: фон - поверхня, прилегла до об’єкта розрізнення. Об'єкт розрізнення - деталь мінімальних розмірів, знак. Фон характеризується коефіцієнтом відображення: > 0,4 - світлий фон; > 0,2 - світлий; < 0,2 - темний; контраст об'єкта з фоном: > 0,5 - великий; < 0,2 - малий.

Виробниче освітлення буває: природним і штучним. Природне: обумовлено прямими сонячними променями і розсіяним світлом небозводу, змінюється в залежності від географічної широти, часу доби, ступеня хмарності, прозорості атмосфери. По пристрою розрізняють бічне, верхнє,

комбіноване. Штучне: створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання і т. д.) застосовується при відсутності або нестачі природного.

За призначенням буває: робочим, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим.

По пристою буває: місцевим, загальним, комбінованим.

Влаштовувати одне місцеве освітлення не можна.

При недостатності природного освітлення використовується спільне (комбіноване) освітлення. Останнє являє собою освітлення, при якому в світлий час доби використовується одночасно природне і штучне світло.

Газорозрядні лампи (галогенові, ртутні), найчастіше застосовують, так як у них великий термін служби (до 14 000 годин) і велика світлова віддача.

Недоліки: стробоскопічний ефект (пульсація світлового потоку, що призводить до втоми зору із-за постійної переадаптації очей).

Лампи розкалювання застосовуються, коли за умовами технологічного середовища або інтер'єру, застосування газорозрядних ламп недоцільно.

Переваги: теплові джерела світла, простота і надійність.

Недоліки: малий термін служби (1000) годин.

Світильник - лампа з арматурою, основне призначення - перенесення світлового потоку в необхідному напрямку; захист лампи від дії зовнішнього середовища.

Виконання: світильники бувають відкриті, закриті, пилонепроникні, вибухозахисні. За розподілом світлового потоку - прямого світла і відбитого світла, розсіяного світла.

Природне і штучне освітлення нормується залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об’єкта розрізнення, фону контрасту об'єкта з фоном. Для природного освітлення нормується коефіцієнт природного освітлення (КПО), причому для бічного освітлення нормується мінімальне значення КПО, а для верхнього та комбінованого - середнє значення.

Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової

роботи; рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні і відсутність різких тіней; величина освітлення постійна у часі (відсутність пульсації світлового потоку); оптимальна спрямованість світового потоку і оптимальний спектральний склад; всі елементи освітлюваних установок повинні бути довговічні, вибухо-, пожежо-, электробезпечні.

При встановленні норми освітленості необхідно враховувати: розмір об'єкта розрізнення, контраст по проекту з фоном і характер фону. На підставі цих даних визначається норма освітленості.

При виборі джерел штучного освітлення повинні проконсультувати їх електричні, світотехничні, конструктивні, експлуатаційні та економічні показники. На практиці використовуються два види джерел освітлення: лампи розкалювання і газорозрядні. Лампи розкалювання прості по конструкції, мають швидкісне розгортання. Але світлова віддача їх (кількість випромінюваного світла на одиницю споживаної потужності) низькая – 13 - 15 л/вт; у галогенних – 20 - 30 л/вт, але термін служби невеликий. Газорозрядні лампи мають світлову віддачу 80 - 85 л/вт, а натрієві лампи 115-125 л/вт і термін служби 15 - 20 тис.годин, вони можуть забезпечити будь-який спектр. Недоліками газорозрядних ламп є необхідність спеціального пускорегулюючого апарату, тривалий час розгортання, пульсація світового потоку, нестійка робота при температурі нижче 0 ºС [22].

Освітлення приміщень і робочих місць відповідає вимогам СНіП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". Лабораторія відноситься до VIII розряду зорових робіт. Згідно [32] для VIII розряду значних робіт коефіцієнт природного освітлення рівний 0,5 %. Фактично коефіцієнт природного освітлення рівний 0,55 %, що вище за норму. Штучне освітлення приміщення лабораторії забезпечується люмінесцентними лампами ЛБ80-4. Нормативна освітленість робочої поверхні для VIII розряду значних робіт складає 50 Лк [32]. Фактично ця вимога виконується. Для аварійного освітлення застосовують лампи розжарювання типу МО, потужністю 15 Вт, з світловим потоком 180 Лм, напругою 36 и 12 В. Освітленість коридорів і

допоміжних приміщень (вмивальні, вбиральні і т.д.), а також сходів складає 30 Лк [32]. Природне освітлення в світлий час доби здійснюється через вікна.

3.5 Розрахунок кількості світильників методом коефіцієнта використання

Необхідно знайти таку кількість світильників в лабораторії з сірими стінами, коричневим лінолеумом і світлою стелею, яке забезпечить середню освітленість 300 лк на рівні 0,8 м від підлоги.

Ширина – 3 м; довжина – 6 м; висота 3 м.

У одному світильнику 4 люмінесцентних лампи потужністю по 18 Вт.

Світловий потік лампи – 1150 лм.

Коефіцієнт запасу рівний 1,25.

Коефіцієнт віддзеркалення стелі – 50 %, стенів – 30 %, підлоги – 10 %.

Формула для розрахунку кількості світильників (4.1):

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_З}{U \cdot n \cdot Ф_л}, \qquad (3.1)$$

де E - необхідна горизонтальна освітленість, лк;

S - площа приміщення, м^2;

$K_з$ - коефіцієнт запасу;

U - коефіцієнт використання;

n - кількість ламп в світильнику, шт;

$Ф_л$ - світловий потік однієї лампи, лм.

Визначення площі приміщення (3.2):

$$S = a \cdot b = 3 \cdot 7 = 21 \text{ м}^2, \qquad (3.2)$$

де a - ширина приміщення, м;

b-длина приміщення, м.

Визначення коефіцієнта запасу.

Коефіцієнт запасу залежить від ступеня забруднення приміщення, частоти технічного обслуговування світильника, інтенсивності експлуатації світильників і приймає значення від 1,2 до 2. Дане приміщення (з трирічним циклом обслуговуванням) має коефіцієнт 1,5.

Визначення світлового потоку

Світловий потік ламп вказаний в каталогах виробників джерел світла.

Визначення коефіцієнта використання.

Заздалегідь визначимо індекс приміщення (φ) по формулі (3.3):

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)} = \frac{21}{(3 - 0{,}8) \cdot (3 + 7)} = 0{,}96, \quad (3.3)$$

де h_1 - висота приміщення м;

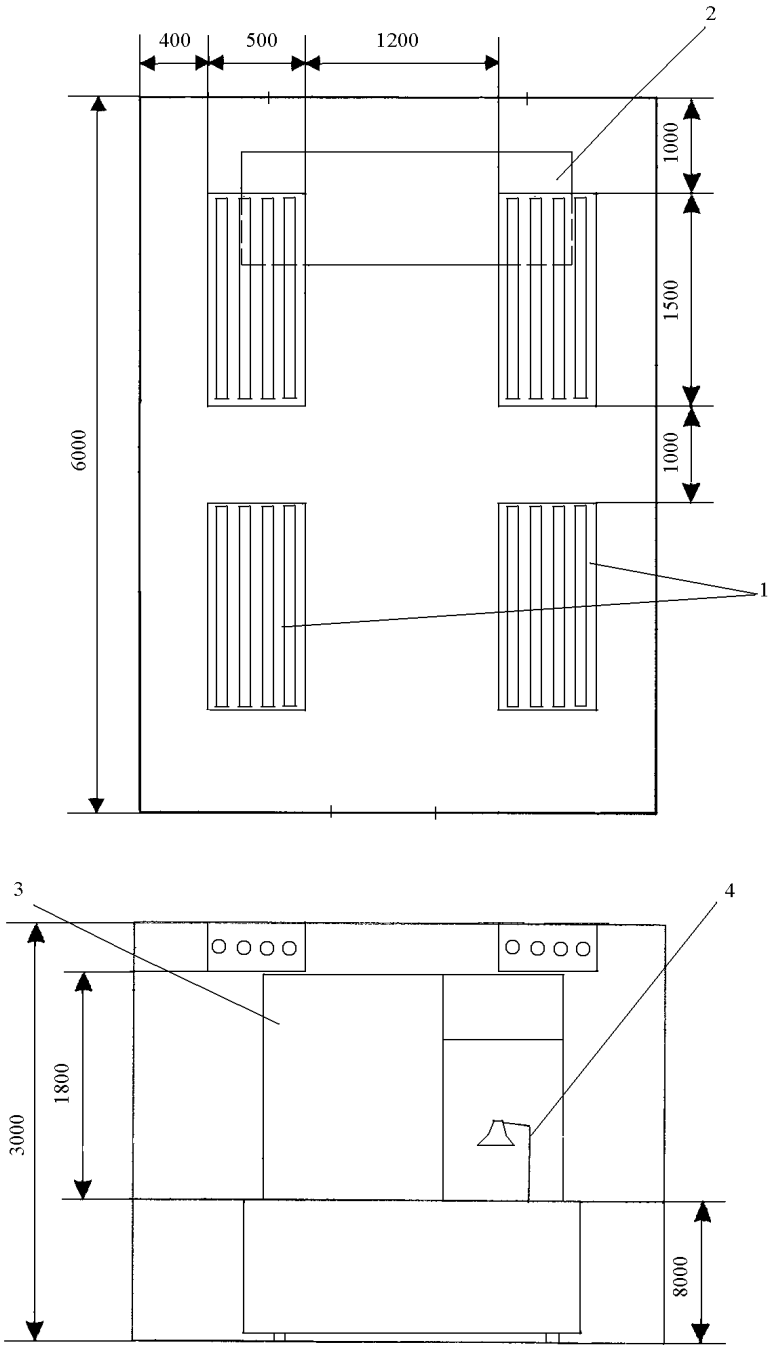
h_2 - висота розрахункової поверхні, м.

Знаючи індекс приміщення, а також коефіцієнти віддзеркалення стелі, стін і підлоги за допомогою довідкових матеріалів, знаходимо коефіцієнт використання. U = 0,51.

Визначаємо необхідну кількість світильників за формулою (3.1)

$$N = \frac{300 \cdot 21 \cdot 1{,}5}{0{,}51 \cdot 4 \cdot 1150} = 4{,}2 \approx 4.$$

Необхідна кількість світильників 4 шт. На рисунку 3.3 показана схема розподілу природного і штучного освітлення в дослідницькій аудиторії.



1 – світильники; 2 – робочий стіл; 3 – вікно; 4 – настільний світильник

Рисунок 3.3 – Схема розподілу природного і штучного освітлення в дослідницькій лабораторії

3.6 Електробезпека

Відносно небезпеки ураження людей електричним струмом, пов’язаної з впливом середовища на стан ізоляції електрообладнання, то вона відноситься до II категорії електробезпеки, до якої входять приміщення з підвищеною небезпекою, так як в цеху є струмопровідний пил і високі температури.

Електротехнічний персонал повинен знати зазначені правила електробезпеки в обсязі займаної посади або професії і мати посвідчення на відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Кожен працівник, який виявив несправність в електро-обладнанні і електромережах (обірвані або пошкоджені кабелі або проводи, несправність вимикача, відкриті рубильники, шафи, розподільчі пункти або інші електро-технічні пристрої з відкритими або не захищеними струмоведучими частинами і т.п.), повинні негайно повідомити свого майстра (керівника) або чергового електромонтера.

Не електричному персоналу забороняється:

- проникати за огорожу електроустановок (пультів управління, щітів, зарядних станцій та інших пристроїв;

- відкривати двері і заходити в приміщення підстанцій, у камери трансформаторів, автоматів, повітряних і масляних вимикачі та ін.;

- проводити будь-які ремонтні роботи електрообладнання і електро-мереж;

- протирати освітлювальну арматуру під напругою понад 42 В;

- відкривати рубильники, шафи та інші пристрої, а також проводити заміну запобіжників, підключення зварювальних апаратів, перенесення електроінструменту і переносних світильників;

- доторкатися до відкритих струмоведучих частин, обірваних проводів.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в лабораторії є захист від дотику до частин електрообладнання, що знаходяться

під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи.

Захист від дотику до струмоведучих частин електричної установки досягається ізоляцією, огорожею, недоступним розташуванням струмоведучих частин.

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

3.7 Пожежна безпека

Будівлю, в якій знаходиться лабораторія, по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Д, оскільки в лабораторії є горючі (книги, документи, меблі) і важкоспалимі речі (різне лабораторне устаткування), які при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху. За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель з несучими та огороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важко горючими листовими, а також плитковими матеріалами. Отже, ступінь вогнестійкості будівлі можна визначити як третю (III).

Причинами виникнення пожежі в лабораторії можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробою ізоляції;

- використання пошкоджених (несправних) електроприладів.

Для гасіння пожеж в лабораторії використовується вуглекислотний вогнегасник ОУ-5 та пожежний кран, що розміщується на видному і доступному місті.

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень.

Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих шляхах. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях (рис. 3.4).

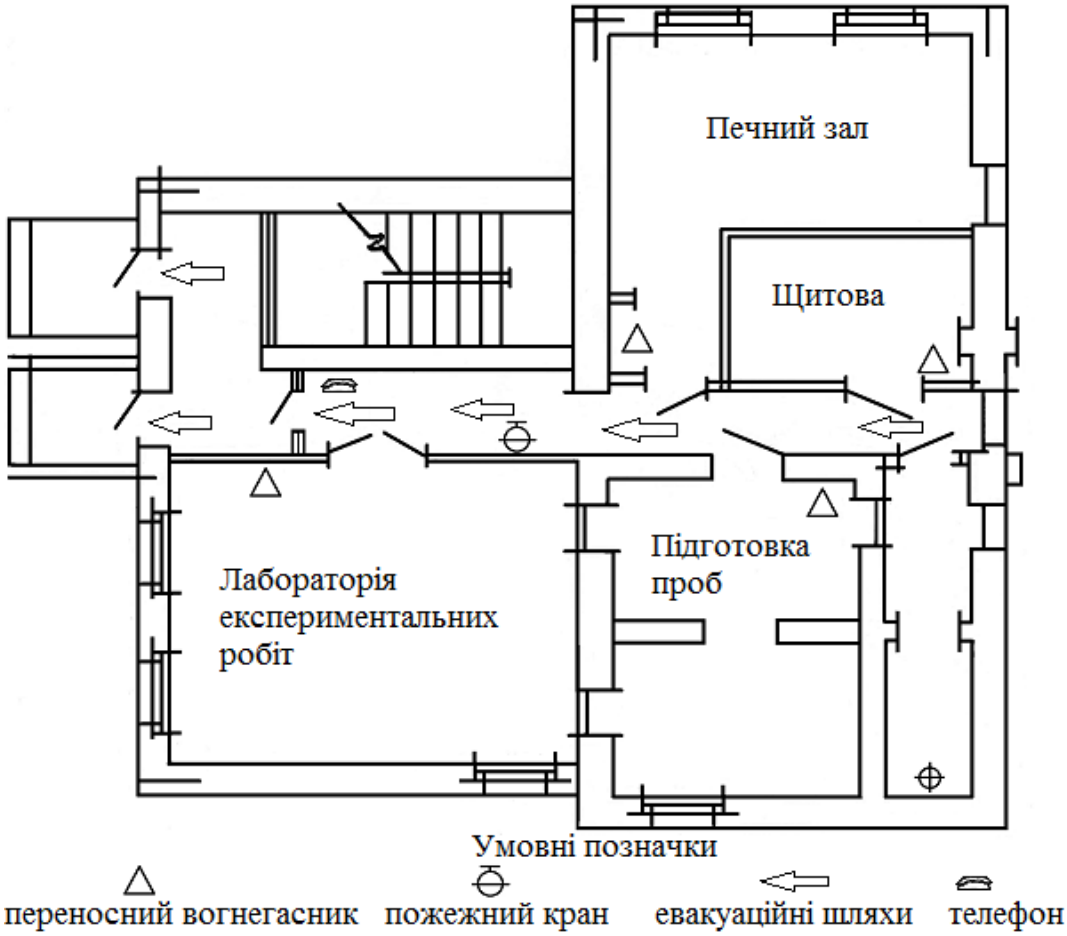


Рисунок 3.4 – Схема евакуації з лабораторії

3.8 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Спеціальний одяг служить для захисту працюючих від дії теплового випромінювання, опіків, порізів, отруєнь, профзахворювань і т.д. Спецодяг не повинен порушувати нормального функціонування організму. Не заважати виконанню трудових операцій, мати приємний зовнішній вигляд.

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) призначені для захисту від впливу шкідливих газів, парів, диму, пилу, що тримаються в повітрі робочої зони, а також для забезпечення киснем при недоліку його в навколишнього атмосфері.

До спецодягу відносяться: куртки, штани, комбінезони, плащі, рукавиці, рукавички, нарукавники, наплічники, головні убори різного виду.

Гарні захисні властивості має фільтруючий протипиловий безклапаний респіратор ШБ-1 "Пелюсток".

Спецвзуття забезпечує захист від механічних травм, хімічних і теплових опіків, вологи, пилу і т.д. До спецвзуття відносяться: чоботи, черевики, туфлі, боти, бахіли.

Для захисту очей застосовують окуляри. Вони бувають закритого і відкритого типів.

До засобів захисту обличчя відносяться ручні, наголовні і універсальні щитки, що захищають обличчя і прилеглі ділянки тіла людини.

Висновок до розділу 3

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проведений розрахунок кількості світильників методом коефіцієнта використання. Необхідна кількість світильників в лабораторії з сірими стінами, коричневим лінолеумом і світлою стелею, яке забезпечує середню освітленість 300 лк на рівні 0,8 м від підлоги склала 4 шт. Також в розділі наведено схема розподілу природного і штучного освітлення в дослідницькій аудиторії.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організація виконання науково-дослідної роботи

4.1.1 Планування етапів науково-дослідної роботи

Планування науково-дослідної роботи (НДР) включає визначення складу і послідовності виконання етапів і робіт по ним, їх трудомісткості, тривалості і календарних термінів виконання.

Дослідження впливу технологічних факторів на властивості теплогенераторів дозволить зменшити витрати часу та електроенергії. При проведенні дослідження можна виділити наступні етапи, приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік етапів НДР по дослідженню впливу вдосконалення теплогенераторів

Номер етапу	Етап НДР	Зміст етапу
1	Літературний огляд і постановка завдання дослідження	1.1 Видача завдання. 1.2 Збір, вивчення, аналіз інформації по вітчизняним і зарубіжним джерелам. 1.3 Узгодження і затвердження мети і завдання дослідження. 1.4 Виявлення можливих напрямів дослідження. 1.5 Затвердження програми дослідження. 1.6 Підбір складу виконавців.
2	Теоретичні Дослідження	2.1 Огляд властивостей теплогенераторів. 2.2 Огляд стандартизованих тестів, які використовуються для характеристики теплогенераторів. 2.3 Розробка методики дослідження.
3	Експериментальні дослідження	3.1 Огляд тенденцій підвищення якості тепла та приладів що обслуговуються. 3.2 Вивчення технологічних факторів, які впливають на властивості теплової генерації 3.3 Технологічні параметри процесу змішування на теплогенераторі НК -36СТ.

		Продовження таблиці 4.1
4	Узагальнення і оцінка результатів дослідження	4.1 Аналіз і обробка отриманих даних проведеного дослідження. 4.2 Техніко-економічна оцінка отриманих результатів. 4.3 Розробка пропозицій і рекомендацій по подальших дослідженнях. 4.4 Оформлення звіту досліджень.
5	Заключний	5.1 Приймання науково-дослідної роботи. 5.2 Захист науково-дослідної роботи.

4.1.2 Визначення трудомісткості виконання НДР

Для визначення трудомісткості запланованих робіт найчастіше застосовується метод ймовірнісних оцінок. Його суть полягає в тому, що безпосередній виконавець робіт оцінює максимальну $T_{max,i}$ і мінімальну $T_{min,i}$ трудомісткість роботи. На основі цих оцінок визначається очікувана трудомісткість $T_{оч,i}$ (чол-діб) робіт по формулі (4.1)

$$T_{оч,i} = \frac{3T_{min,i} + 2T_{max,i}}{5}, \qquad (4.1)$$

При визначенні трудомісткість роботи, згідно таблиці 4.1, приймаємо наступну оцінку

Номер етапу	T_{max}	T_{min}
1	10	6
2	9	5
3	29	22
4	11	8
5	7	5

Визначаємо трудомісткість першого етапу:

$T_{оч,1} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 10}{5} = \frac{38}{5} = 7,8$; приймаємо $T_{оч,1}$=8 чол-діб.

Визначаємо трудомісткість другого етапу:

$$T_{оч,2} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = \frac{33}{5} = 6,6$$; приймаємо $T_{оч,2} = 7$ чол-діб.

Визначаємо трудомісткість третього етапу:

$$T_{оч,3} = \frac{3 \cdot 22 + 2 \cdot 29}{5} = \frac{124}{5} = 24,8$$; приймаємо $T_{оч,3} = 25$ чол-діб.

Визначаємо трудомісткість четвертого етапу:

$$T_{оч,4} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 11}{5} = \frac{46}{5} = 9,1$$; приймаємо $T_{оч,4} = 9$ чол-діб.

Визначаємо трудомісткість п'ятого етапу:

$$T_{оч,5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = \frac{29}{5} = 5,8$$; приймаємо $T_{оч,5} = 6$ чол-діб.

4.1.3 Визначення числа виконавців НДР

Для виконання дослідницької роботи приймається наступний склад виконавців. У таблиці 4.2 наведена кількість виконавців необхідних для виконання НДР.

Таблиця 4.2 – Кількість виконавців НДР

Номер етапу	Виконавець НДР	Кількість виконавців, P_i , чол.
1	дослідник	1
2	дослідник , науковий керівник	2
3	дослідник	1
4	дослідник , науковий керівник	2
5	науковий керівник	1

Таким чином, для виконання дослідницької роботи потрібно:

− для першого етапу потрібно 1 спеціаліст, $P_1 = 1$;

− для другого етапу потрібно 2 спеціаліста, $P_2 = 2$.

4.1.4 Розрахунок тривалості етапів НДР

Тривалість етапів дослідження $t_{оч,і}$ розраховується по формулі (5.2)

$$t_{оч,і} = \frac{T_{оч,і}}{P_і \cdot K_{вні}}, \quad (4.2)$$

де $T_{оч,і}$ − очікувана трудомісткість виконання даної роботи, чол-діб; величина $T_{оч,і}$ обирається згідно розрахунку за рівнянням (4.1)

$P_і$ – кількість виконавців, чол.; величина $P_і$ обирається згідно таблиці 5.2;

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норми (приймається $K_{вн}$=0,97)

Тривалість 1 етапу:

$t_{оч,1} = \frac{8}{1 \cdot 0,97} = 8,25$; приймаємо $t_{оч,1}$=8 діб;

Тривалість 2 етапу:

$t_{оч,2} = \frac{7}{2 \cdot 0,97} = 3,6$; приймаємо $t_{оч,2}$=4 доби;

Тривалість 3 етапу:

$t_{оч,3} = \frac{25}{4 \cdot 0,97} = 6,44$; приймаємо $t_{оч,3}$=6 діб;

Тривалість 4 етапу:

$t_{оч,4} = \frac{9}{2 \cdot 0,97} = 4,64$; приймаємо $t_{оч,4}$=5 діб;

Тривалість 5 етапу:

$t_{оч,5} = \frac{6}{2 \cdot 0,97} = 3,09$; приймаємо $t_{оч,5}$=3 доби.

4.1.5 Побудова стрічкового графіка проведення науково-дослідної роботи

При невеликій кількості робіт по етапах і виконавців, основним документом планування виконання НДР є стрічковий графік.

Відрізком горизонтальної прямої показується тривалість етапу роботи від першого до останнього дня роботи. Згідно розрахункам, виконаним у розділі 4.1.4, загальна тривалість робіт склала 26 днів. За розрахованими даними будуємо стрічковий графік, який наведено у таблиці 4.3.

4.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження технологічних факторів

Кошторисну калькуляцію складають на весь об'єм робіт по темі. Для визначення витрат для проведення дослідження необхідно розрахувати:

− витрати на основні матеріали;

− витрати на заробітну плату;

− витрати на амортизацію використаного устаткування;

− витрати на електроенергію;

− накладні витрати.

4.2.1 Розрахунок витрат на основні матеріали

У дану статтю включаються всі витрати на придбання матеріалів, виробів і напівфабрикатів, необхідних для безпосереднього виконання роботи

по темі з урахуванням транспортно-заготовчих витрат.

Транспортно-заготовчі витрати $S_{тр.з}$ складають 2 % від сумарних витрат на основні матеріали і розраховуються по формулі (4.3)

$$S_{тр.з} = \sum S_{м} \cdot 0,02, \tag{4.3}$$

де $S_{м}$ – сумарні витрати на основні матеріали, грн.

Таблиця 4.3 – Стрічковий графік проведення науково-дослідної роботи

Етапи	Трудомісткість, чол-діб	Кількість виконавців, чіол.	Тривалість етапів, діб	Виконання робіт по робочих днях																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	8	1	8																										
2	7	2	4																										
3	25	1	6																										
4	9	2	5																										
5	6	1	3																										

Сумарні витрати на основні матеріали при виконанні НДР наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок вартості матеріалів по науково-дослідній роботі

Найменування матеріалів	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Всього витрат, грн.
Персональний комп'ютер	шт.	1	4000	4000
Разом				4000

4.2.2 Розрахунок витрат на амортизацію устаткування

Витрати на амортизацію ($S_{ам}$) використаного при дослідженнях устаткування визначаються по формулі

$$S_{ам} = \sum_{i=1}^{N} \frac{\alpha_{ам,i}}{100} \cdot K_{уст,i} \cdot \frac{T_{вик,i}}{T_{можл,i}}, \qquad (4.4)$$

де $\alpha_{ам,i}/100$ - норма амортизаційних відрахувань для даного виду устаткування або приладу;

$K_{уст,i}$ - вартість устаткування або приладу і-го вигляду, грн;

$T_{вик,i}$ - тривалість використання даного і-го виду устаткування або приладу в дослідницькій роботі, год.;

$T_{можл,i}$ - можливе число годин використання і-го виду устаткування або приладів на протязі року;

N – кількість устаткування, шт..

При однозмінній роботі $T_{можл,i}$ приймається 2000 годин.

Розрахунок витрат на амортизацію устаткування і приладів приведений у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрат на амортизацію устаткування

Найменування устаткування	К-ть одиниць	Ціна за одиницю, грн.	Норма амортизації, %	Тривалість використання, год.	$S_{ам}$, грн.
Персональный компьютер	1	4000	15	55	16,5
Разом					16,5

4.2.3 Розрахунок затрат на електроенергію

Вартість електроенергії (S_e) витраченої на проведення дослідження визначають по формулі

$$S_e = \sum_{i=1}^{N} T_e \cdot N_{a,i} \cdot T_{вик,i} \cdot m_i, \quad (4.5)$$

де T_e - тариф за кожен споживаний кВт· год., грн;

$N_{a,i}$ - середня споживана потужність і-го виду устаткування, кВт;

$T_{вик,i}$ - тривалість використання і-го виду устаткування або приладу, год.;

m_i - кількість устаткування і-го вигляду, шт.

Тариф за 1 кВт електроенергії з урахуванням ПДВ складає 4,32 грн.

Розрахунок витрат на електроенергію наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Витрати на електроенергію

Найменування устаткування	К-ть одиниць	Середня потужність, кВт	Кількість годин використання, год.	Тариф за 1кВт· год., грн.	Усього витрат, грн.
Персональний комп’ютер	1	0,500	52	4,32	224,64
Разом					224,64

4.2.4 Зведений кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Кошторис витрат на науково-дослідну роботу визначається на весь об'єм

виконуваних робіт. Кошторис витрат наведено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

№ з/п	Статті витрат	Всього витрат	
		грн.	%
1	Витрати на матеріали	4000	94,9
2	Амортизаційні відрахування	16,5	0,39
3	Витрати на електроенергію	224,64	5,21
Разом		4214,14	100

Висновки до розділу 4

Для проведення науково-дослідної роботи був побудований стрічковий календарний план. Загальна тривалість виконання науково-дослідної роботи склала 26 днів. В економічній частині розрахований звідний кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи. Загальні витрати на проведення роботи склали 4314,14 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З проведеного аналізу можливо зробити висновок, що і більшість теплотрас експлуатуються в позаштатних режимах, що призводить до зростання теплових втрат через теплоізоляційні конструкції трубопроводів при транспортуванні робочого тіла від джерела тепла до кінцевого споживача.

Було встановлено, що експериментальне визначення теплових втрат є трудомісткимта економічно затратним. Теплотехнічний розрахунок втрат теплоти, теж не дозволяє достатньо точно оцінити втрати тепла при транспортуванні теплоносія, через використання в розрахунку довідкових значень коефіцієнтів теплопровідності ізоляційних конструкції, які не враховують ряд експлуатаційних факторів.

При використанні індивідуальних теплових приладів обліку в кінцевих споживачів можна оцінити лише усереднені теплові втрати в трубопроводах. Отримані дані не дають повного уявлення про стан ізоляції на конкретних ділянках теплових мереж, до того ж такі прилади обліку мають похибку, що впливає на точність показань.

Існують методи математичного моделювання теплових втрат за допомогою різних програмних комплексів. Дана методика набуває широкого поширення та розвитку в теплотранспортних компаніях.

Проблема визначення теплових втрат з урахуванням усіх експлуатаційних особливостей є актуальною до сьогодні, існуючі методи оцінки теплових втрат потребує вдосконалення, а також розробки нових методів.

Таким чином, метою магістерської дисертації є дослідження та оцінка втрат теплоти через теплоізоляційні конструкції водяних мереж для вдосконалення існуючих технологій аналізу теплових втрат.

Проведено аналіз впливу поширених експлуатаційних дефектів теплової ізоляції на питому теплову втрату, встановлено. втрату виявляє ступінь руйнування шару ізоляції; також на теплову втрату значно впливає

вологопоглинання в теплоізоляційному шарі.

Проведений аналіз показує неефективність використання застарілих матеріалів і технологічний прокладки мережі, що вимагає впровадження в експлуатацію. теплоізоляційних матеріалів і способів прокладки теплової мережі.

Наведено ряд технологічних рекомендацій для зменшення теплових втрат теплових мереж – використання ППУ в якості теплоізолюючого шару, а також використання каналів які мають вентиляцію.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проведений розрахунок кількості світильників методом коефіцієнта використання. Необхідна кількість світильників в лабораторії з сірими стінами, коричневим лінолеумом і світлою стелею, яке забезпечує середню освітленість 300 лк на рівні 0,8 м від підлоги склала 4 шт. Також в розділі наведено схема розподілу природного і штучного освітлення в дослідницькій аудиторії.

У 3 розділі представлено опис теплогенератора, який розроблений на базі проведених досліджень за допомогою чисельного моделювання. Заявлений теплогенератор відрізняється тим, що має менші габарити, а також знижене споживання палива за рахунок більш ефективного теплообміну між повітрям, що нагрівається, і газами, що йдуть.

Для проведення науково-дослідної роботи був побудований стрічковий календарний план. Загальна тривалість виконання науково-дослідної роботи склала 26 днів. В економічній частині розрахований звідний кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи. Загальні витрати на проведення роботи склали 4314,14 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі : [Чинний від 2009-07-01 : уведено вперше (зі скасуванням в Україні СниП 2.04.07-86 "Тепловые сети")]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 147 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054323.doc.

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування : [Чинний від 2014-01-01 : уведено вперше (втрачає чинність СНиП 2.04.05-91)]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 147 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054224.pdf.

3. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання : навч. посіб. Ч. 1 : Теплові мережі та споруди. Київ : Кондор, 2007. 244 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053825.pdf.

4. Ільїн С. В. Джерела теплопостачання промислових підприємств : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 190 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f355824.pdf.

5. Ковальчук В. А., Манцева Т. С. Теплопостачання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 300 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054352.pdf.

6. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися. Харків : НТУ "ХПІ", 2015. 209 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054342.pdf.

7. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА напряму 144 “Теплоенергетика” / уклад. А. О. Чейлитко. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018n2/0054481.pdf.

8. Прядко М. О., Павелко В. І., Василенко С. М. Теплові мережі : навч. посіб. / за ред. М. О. Прядка. Київ : Алерта, 2005. 227 с.

9. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 170 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi51/0039072.pdf.

10. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2009. 176 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053824.pdf.

11. Чейлитко А. О. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f357551.pdf.

12. Balaji C., Srinivasan B., Gedupudi S. Heat Transfer Engineering : Fundamentals and Techniques. London : Academic Press, 2020. 422 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053406/.

13. Computational Heat Transfer and Fluid Mechanics / P. T. Sardari, G. Ahmadi, K. Inthavong (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053441.pdf.

14. Dincer I., Erdemir D. Heat Storage Systems for Buildings. Amsterdam : Elsevier, 2021. 306 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053405/.

15. District Heating and Cooling Networks / A. C. Santos, D. B. Diez, E. R. Asensio (eds.). Basel : MDPI, 2020. 270 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053425.pdf.

16. Forsberg C. H. Heat Transfer Principles and Applications. London : Academic Press, 2021. 545 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053407/.

17. Ganji D. D., Sabzehmeidani Y., Sedighiamiri A. Nonlinear Systems in Heat Transfer : Mathematical Modeling and Analytical Methods. Amsterdam : Elsevier Science, 2018. 273 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053414/.

18. Handbook of Thermal Management Systems : E-Mobility and Other Energy Applications / edited by F. Aloui, E. G. Varuvel, A. Sonthalia. Amsterdam :

Elsevier, 2023. 836 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057765/.

19. Handbook on Planning of District Heating Networks / T. Nussbaumer, S. Thalmann, A. Jenni et al. Bern : Swiss Federal Office of Energy, 2020. 207 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057757.pdf.

20. Heat and Mass Transfer in Building Energy Performance Assessment / R. Cerny, A. Lakatos, V. Koci (eds.). Basel : MDPI, 2019. 122 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053440.pdf.

21. Heat Transfer - Fundamentals, Enhancement and Applications / edited by S. N. Kazi. London : IntechOpen, 2023. 278 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053447.pdf.

22. Heat Transfer and Heat Recovery Systems / J. Danielewicz, K. Rajski (eds.). Basel : MDPI, 2023. 300 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053444.pdf.

23. Heat Transfer in Engineering / M.-Y. Lee, J.-H. Seo (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053438.pdf.

24. Hofmeister A. M. Measurements, Mechanisms, and Models of Heat Transport. Amsterdam : Elsevier, 2019. 427 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053410/.

25. Micro and Nanofluid Convection with Magnetic Field Effects for Heat and Mass Transfer Applications Using MATLAB / C. S. K. Raju, I. Khan, S. S. K. Raju, M. S. Upadhya. Amsterdam : Elsevier, 2022. 305 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053411/.

26. Nemati H., Ardekani M. M., Mahootchi J., Meyer J. P. Fundamentals of Industrial Heat Exchangers : Selection, Design, Construction, and Operation. Amsterdam : Elsevier, 2024. 498 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057754/.

27. Roetzel W., Luo X., Chen D. Design and Operation of Heat Exchangers and their Networks. London : Academic Press, 2020. 577 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053401/.

28. Арсеньєв В. М., Мелейчук С. С. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2018. 364 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054348.pdf.

29. Басова Н. М., Дяченко С. В., Романтовський В. І. Тепломасообмін : тексти лекцій. Харків : ХНУБА, 2019. 97 с. URL http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054349.pdf.

30. Бердишев М. Ю., Яковлєва І. Г. Прикладні питання тепломасообміну : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 135 с.

31. Ільїн С. В., Чейлитко А. О., Мних І. М. Енергоаудит : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 130 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/0049001.pdf.

32. Лабай В. Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну : навч. посіб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2017. 228 с.

33. Омельченко О. В., Цвіркун Л. О. Тепломасообмін : навч. посіб. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. 100 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054350.pdf.

34. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА напряму 144 “Теплоенергетика” / уклад.: А. О. Чейлитко. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018n2/0054481.pdf.

35. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін : навч. посіб. Ч. 1 Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054351.pdf.

36. Чейлитко А. О. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА напряму 144 "Теплоенергетика" ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f357551.pdf.

37. Чепурний М. М., Резидент Н. В. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2011. 128 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi51/0039070.pdf.

38. Balaji C., Srinivasan B., Gedupudi S. Heat Transfer Engineering : Fundamentals and Techniques. London : Academic Press, 2020. 422 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053406/.

39. Computational Heat Transfer and Fluid Mechanics / P. T. Sardari, G. Ahmadi, K. Inthavong (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053441.pdf.

40. Forsberg C. H. Heat Transfer Principles and Applications. London : Academic Press, 2021. 545 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053407/.

41. Ganji D. D., Sabzehmeidani Y., Sedighiamiri A. Nonlinear Systems in Heat Transfer : Mathematical Modeling and Analytical Methods. Amsterdam : Elsevier Science, 2018. 273 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053414/.

42. Handbook of Thermal Management Systems : E-Mobility and Other Energy Applications / edited by F. Aloui, E. G. Varuvel, A. Sonthalia. Amsterdam : Elsevier, 2023. 836 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057765/.

43. Heat and Mass Transfer in Building Energy Performance Assessment / R. Cerny, A. Lakatos, V. Koci (eds.). Basel : MDPI, 2019. 122 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053440.pdf.

44. Heat Transfer - Fundamentals, Enhancement and Applications / edited by S. N. Kazi. London : IntechOpen, 2023. 278 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053447.pdf.

45. Heat Transfer and Heat Recovery Systems / J. Danielewicz, K. Rajski (eds.). Basel : MDPI, 2023. 300 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053444.pdf.

46. Heat Transfer in Engineering / M.-Y. Lee, J.-H. Seo (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053438.pdf.

47. Hofmeister A. M. Measurements, Mechanisms, and Models of Heat Transport. Amsterdam : Elsevier, 2019. 427 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053410/.

48. Industrial Energy Management and Sustainability / M. Benedetti, V. Introna (eds.). Basel : MDPI, 2021. 118 p. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi70/0050925.pdf.

49. Micro and Nanofluid Convection with Magnetic Field Effects for Heat and Mass Transfer Applications Using MATLAB / C. S. K. Raju, I. Khan, S. S. K. Raju, M. S. Upadhya. Amsterdam : Elsevier, 2022. 305 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053411/.

50. Nemati H., Ardekani M. M., Mahootchi J., Meyer J. P. Fundamentals of Industrial Heat Exchangers : Selection, Design, Construction, and Operation. Amsterdam : Elsevier, 2024. 498 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057754/.

51. Radovanovic M. Sustainable Energy Management : Planning, Implementation, Control, and Security. 2nd ed. London : Academic Press, 2023. 310 p. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi70/0050936/.

52. Roetzel W., Luo X., Chen D. Design and Operation of Heat Exchangers and their Networks. London : Academic Press, 2020. 577 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053401/.

53. Thollander P., Karlsson M., Rohdin P., Wollin J., Rosenqvist J. Introduction to Industrial Energy Efficiency: Energy Auditing, Energy Management, and Policy Issues. London : Academic Press, 2020. 361 p. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi67/0049610/.

54. Гаркуша О.К., Карпенко Г.В. Вдосконалення системи теплопостачання житлових будинків по вулиці Незалежної України. Збірник

наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» Запоріжжя: ЗНУ, 2023. Т. 5 С. 276.

55. Haydina N., Harkusha O., Karpenko H. Specyfika Projektowania suchego składowania wypalonego paliwa jądrowego w elektrowni jądrowej. Nauka I studia, 2024. № 9. С. 9-17.

56. Гаркуша О., Карпенко Г. Дослідження шляхів розробки систем теплогенерації. Збірник наукових праць студентів, здобувачів PhD, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2024» Запоріжжя: ЗНУ, 2024. Т. 5 С. 69-70.