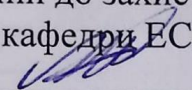
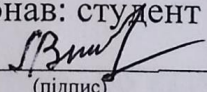


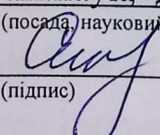
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри ЕСЕУ та ТЕ
 Личко Б.М.
“ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

на тему: Модернізація технологічних систем та систем життєзабезпечення
хлібокомбінату продуктивністю 1,2 т/доб з дослідженням пластинчастих
теплообмінників

Виконав: студент групи 6241м
 Величко А.Л.
(підпис)

Керівник роботи
канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)
 Соломонюк Н.С.
(підпис)

Миколаїв 2025 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

зь знань
іальність
ня програма

14 «Електрична інженерія»
144 «Теплоенергетика»
«Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Григор'єв І.В.
« 5 » 12 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

денту Величку Андрію Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

ема роботи: Модернізація технологічних систем та систем життєзабезпечення
окомбінату продуктивністю 1,2 т/доб з дослідженням пластинчастих теплообмін-
В

(проект, реконструкція, модернізація енергетичної установки, інженерних систем та ін. з розробкою конструктивного елемента об'єкту)
івник роботи Соломонюк Наталя Сергіївна, канд.техн.наук, доцент кафедри
У та ТЕ

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

ерджені наказом ректора № _____ від " _____ " _____ 2025 року

ермін подання роботи _____

ихідні дані по роботі _____

(призначення, умови експлуатації, технічні дані з потреб в енергії чи енергоносіях)

ерелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи. Мета роботи. Об'єкт і предмет дослідження)

1. Загальний розділ (Стисла характеристика об'єкту, технологічних систем та систем життєзабезпечення).

2. Теоретичний розділ (Система водяного опалення (Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень. Визначення втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу. Визначення надходжень теплоти у приміщення). Система холодного водопостачання (Визначення розрахункових витрат води та необхідних напорів). Визначення необхідного повітрообміну).

3. Розрахунковий розділ (Розробка системи опалення. Розробка системи вентиляції. Розробка системи внутрішнього водопостачання. Розрахунок самопливної внутрішньої каналізації).

Дослідницький розділ. Дослідження пластинчастих теплообмінників (Загальні відомості про теплообмінники. Інформація про експериментальні дослідження. Схема і принцип роботи експериментального стенду. Вибір засобів вимірювальної техніки. Методи обробки вимірів)

Конструкторський розділ. Розробка пластинчастого теплообмінника.

Заклучний розділ (Висновки та заключення по роботі).

Перелік презентаційних матеріалів

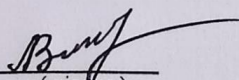
- . Будівельний генеральний план
- . Розташування систем гарячого і холодного водопостачання та каналізації
- . Схема опалення
- . Система вентиляції
- . Водопостачання та каналізація
- . Теплова завіса
- . Послідовність дослідження теплообмінного апарату
- . Експериментальний стенд
- . Теплообмінний апарат

Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
Отримання завдань у керівника та консультантів	I-II	
Вступ	III	
Загальний розділ	IV	
Теоретичний розділ	V- VI	
Розрахунковий розділ	VII-X	
Дослідницький розділ	X-XII	
Конструкторський розділ	XIII-XIV	
Заклучний розділ	XV	
Графічна частина	XVI	
Підпис у керівника. Розглядання роботи на кафедрі	XVII	
Захист роботи перед АК	XVIII	

Студент


(підпис)

Величко А.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Соломонюк Н.С.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В кваліфікаційній роботі розроблений проєкт з модернізації технологічних систем та систем життєзабезпечення хлібокомбінату. Розроблені системи опалення, холодного, гарячого водопостачання та водовідведення, системи припливної та витяжної вентиляції. Проведено аеродинамічний розрахунок системи вентиляції.

Розроблена програма дослідження пластинчастих водо-водяних теплообмінних апаратів, визначений склад експериментального стенду та методи обробки даних вимірювань.

Розроблені основні елементи конструкції пластинчастого теплообмінника.

Ключові слова: опалення, водопостачання, вентиляція, теплоносій, пластинчастий теплообмінник.

Abstract

In the qualification work, a project for the modernization of technological systems and life support systems of the bakery was developed. Heating systems, cold, hot water supply and drainage systems, supply and exhaust ventilation systems were developed. An aerodynamic calculation of the ventilation system was carried out.

A research program for plate water-water heat exchangers was developed, the composition of the experimental stand and methods for processing measurement data were determined.

The main structural elements of a plate heat exchanger were developed.

Keywords: heating, water supply, ventilation, coolant, plate heat exchanger.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	
1.1. Стисла характеристика об'єкту.....	
1.2. Технологічні системи та системи життєзабезпечення хлібокомбінату	
1.3. Вимоги нормативних документів.....	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1. Система водяного опалення.....	
2.1.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень.....	
2.1.2. Визначення втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.....	
2.1.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення.....	
2.2. Система холодного водопостачання.....	
2.2.1. Визначення розрахункових витрат води та необхідних напорів.....	
2.3. Визначення необхідного повітрообміну.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1. Розробка системи опалення.....	
3.1.1. Складання теплового балансу. Визначення теплової потужності системи опалення.....	
3.1.2. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень.....	
3.1.3. Вибір та обґрунтування типу системи опалення та опалювальних приладів.....	
3.1.4. Розрахунок площі поверхонь та кількості опалювальних приладів для всіх приміщень. Вибір зразків опалювальних приладів	
3.1.5. Розробка аксонометричної схеми системи опалення.....	
3.1.6. Розрахунок головного циркуляційного кільця.....	

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.1.7.	Розрахунок ємності розширювального баку.....
3.2.	Розробка системи вентиляції.....
3.2.1.	Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи.....
3.2.2.	Розрахунок припливної вентиляції для системи П – 1.....
3.2.3.	Підбір калориферів для системи П – 1.....
3.3.	Розробка системи внутрішнього водопостачання.....
3.3.1.	Розробка принципової схеми внутрішнього водопроводу.....
3.3.2.	Гідравлічний розрахунок системи ХВП
3.3.3.	Гідравлічний розрахунок системи ГВП
3.4.	Розрахунок самопливної внутрішньої каналізації хлібокомбінату .
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. Дослідження пластинчастих теплообмінників.....	
4.1.	Загальні відомості про теплообмінники.....
4.2.	Загальна інформація про експериментальні дослідження.....
4.3.	Мета експериментального дослідження теплообмінника.....
4.4.	Схема і принцип роботи експериментального стенду.....
4.5.	Вибір засобів вимірювальної техніки.....
4.6.	Обробка прямих вимірів.....
4.7.	Обробка непрямих вимірів.....
РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. Розробка пластинчастого теплообмінника	
5.1.	Опис конструкції та основних елементів пластинчастого теплообмінника.....
5.2.	Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінника.....
РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Електрична та теплова енергія є універсальними енергоносіями, життєво необхідними як для виробництва, так і для побуту.

Електрична енергія має унікальні властивості:

- нескінченна подільність;
- здатність до легкого трансформування;
- можливість транспортування на значні відстані.

Її використання є визначальним для існування багатьох технологічних процесів та галузей. Застосування електроенергії сприяє значному зростанню продуктивності праці, покращенню якості продукції та загальному удосконаленню виробництва.

Варто зазначити, що отримання електричної енергії є багаторазовим процесом перетворення природних ресурсів: спочатку на теплову, потім на механічну, і лише на фінальному етапі – на електричну. Теплова енергія також прямо використовується для отримання механічної енергії, зокрема у теплових двигунах.

Муніципальна теплоенергетика відповідає за життєзабезпечення міст та населених пунктів. Її основні завдання включають:

- постачання електричної та теплової енергії, води та палива;
- раціональний розподіл ресурсів;
- економне їх використання.

Енергозабезпечення має вирішальний вплив на формування та розвиток виробничого профілю населеного пункту та на створення сприятливих умов для життя населення.

Структура систем енергопостачання та споживачі

До засобів виробництва та розподілу енергії належать:

- Електростанції, котельні.

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- Насосні та компресорні станції.
- Системи електро-, тепло- та водопостачання, а також каналізації.

Споживачами енергії є: житловий фонд; підприємства комунально-побутового обслуговування; установи освіти, охорони здоров'я, культури та адміністративні установи та інші.

Ключовою проблемою в енергетиці є неможливість тривалої акумуляції енергії:

- Теплова енергія схильна до розсіювання у навколишньому середовищі.
- Електрична енергія повинна бути використана практично відразу після отримання.

Для підвищення ефективності виробники мають працювати без різких коливань потужності, а їхній графік має чітко відповідати графіку споживання. Це породжує низку задач оптимізації:

- Оптимізація параметрів і режимів роботи систем енергопостачання.
- Підвищення надійності та економічності живлення споживачів.
- Проектування, монтаж, налагодження та експлуатація енергосистем.

Забезпечення функціонування об'єктів цивільної інженерії (тепло-, водо-, газо- та електропостачання) є важливою соціально орієнтованою ланкою економіки.

Одним із основних елементів будь-якої системи теплопостачання є теплообмінні апарати. У сучасних умовах традиційні кожухотрубні апарати активно замінюються пластинчастими теплообмінниками (ПТО), які мають низку суттєвих переваг.

Ключові переваги ПТО:

- Значна поверхня нагріву при малих габаритах порівняно з трубчастими аналогами (при однаковій тепловій потужності).
- Мала металоємність (менша вага).

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- Компактність (потреба у менших приміщеннях для встановлення).
- Вигідні вартісні показники.

Завдяки цим перевагам, при модернізації застарілого обладнання в будівлях, пластинчасті теплообмінники є пріоритетним рішенням.

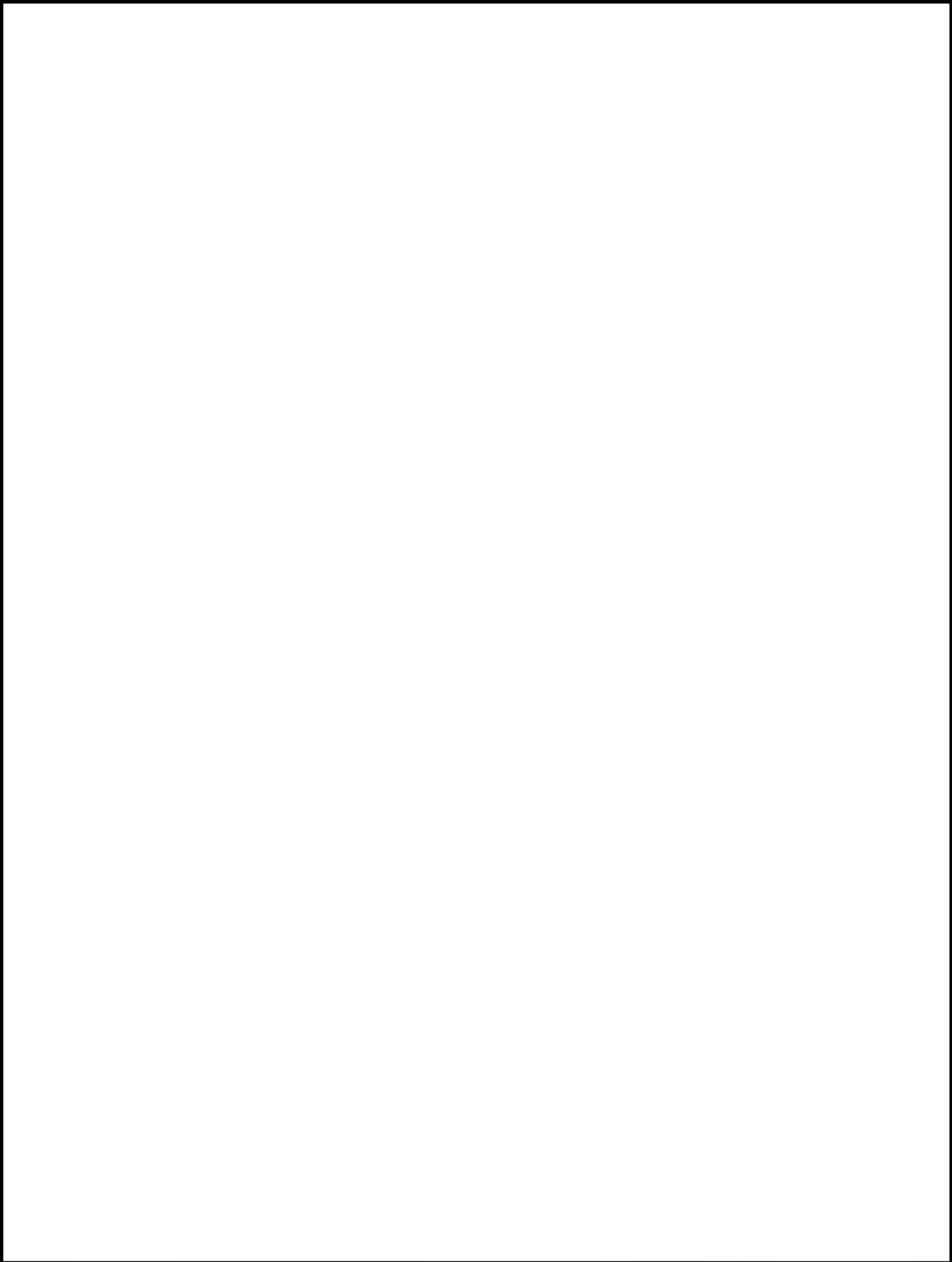
Мета роботи: Провести модернізацію технологічних систем та систем життєзабезпечення хлібокомбінату продуктивністю 1,2 т/доб з дослідженням пластинчастих теплообмінників.

Об’єкт розробки: Хлібокомбінат продуктивністю 1,2 т/добу, розташований в м. Миколаєві на ділянці розмірами 8,0×40,0 м (0,32 га). Будівля двоповерхова, висота від підлоги до низу конструкцій покриття 3,0 та 4,2 м. Висота першого поверху в двоповерховій частині 3,0 м і другого поверху – 3,0 м.

Завдання: модернізувати технологічні системи та системи життєзабезпечення хлібокомбінату: опалення, холодного та гарячого водопостачання, каналізації, припливної та витяжної вентиляції, які повинні бути розроблені таким чином, щоб параметри робочого середовища відповідали санітарно-гігієнічним нормам та підтримувались незалежно від часу доби та пори року.

Провести дослідження конструкцій пластинчастих теплообмінних апаратів та шляхів їх вдосконалення.

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний розділ				Літ.		Арк.	Аркушів		
Студент	Величко А.Л.								НУК					
Керівник	Соломонюк НС													
Консульт.														

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Стисла характеристика об'єкту

Ділянка під будівництво хлібокомбінату має розміри 8,0×40 м (0,32 га). Схему генерального плану розроблено відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій» і норм ВНТП 02-85 «Норми технологічного проектування підприємств хлібопекарської промисловості».

Ділянка хлібокомбінату озеленена, відведення поверхневих вод з ділянки забезпечується вертикальним плануванням. Під'їзди, майданчик для стоянки автомашин і господарський двір влаштовуються з твердим покриттям.

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення по хлібокомбінату виконані з урахуванням максимального застосування типових уніфікованих деталей заводу-виробника. Будівля двоповерхова. Висота від підлоги до низу конструкцій покриття 3,0 та 4,2 м. Висота першого поверху в двоповерховій частині 3,0 м і другого поверху – 3,0 м. Хлібокомбінат відноситься до другого класу споруд, ступінь вогнестійкості і довговічності - II, по ступеню пожежної небезпеки – категорія Д, В.

Архітектурний вигляд будівлі визначений його призначенням і об'ємно-планувальними рішеннями, функціональним призначенням окремих об'ємів будівлі. Зовнішні стіни будівлі фанеровані облицювальною цеглою. Окремі частини фасадів штукатурять цементним розчином на білому портландцементі з додаванням мармурової крихти. Цоколь обштукатурюється кам'яною штукатуркою з нарізкою рустів. У внутрішній обробці застосовується фарбування стін і стель і облицювання глазурованою плиткою згідно відомості обробки приміщень даного проекту. Внутрішні двері і підвіконня фарбуються масляною фарбою білого кольору.

У робочій документації розроблені варіанти об'ємно-планувального рішення: з безтарним зберіганням борошна, зі скатною крівлею.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У конструктивному плані будівля хлібокомбінату вирішена по жорсткій схемі із зовнішніми і внутрішніми стінами. Фундаменти під стіни – стрічкові збірні з бетонних блоків по ДСТУ 17379:2003. Прогони збірні залізобетонні. Плити покриття і перекриття – збірні залізобетонні багатопустотні і заздалегідь напружені ребристі. Козирки входів – збірні залізобетонні. Перемички – збірні залізобетонні. Плити каналні – збірні залізобетонні. Стіни зовнішні з повнотілої глиняної цегли пластичного пресування по ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на цементно-вапняному розчині. Внутрішні стіни і перегородки – з повнотілої глиняної цегли пластичного пресування марки 75 на цементно-вапняному розчині марки 25. Крівля плоска, рулонна з чотирьох шарів руберойду із захисним шаром гравію втопленого в бітумну мастику. Варіант крівлі – скатна, шиферна. Утеплювач пінобетон об'ємною вагою 4 кН/м³, завтовшки відповідно до температури повітря. Підлога вироблена відповідно призначенню приміщення. Віконні отвори заповнюються дерев'яними блоками по ДСТУ Б В.2.6-24-2001. По периметру будівлі влаштовується асфальтове покриття шириною 750 мм. Дерев'яні конструкції антисептуються і антипіряться з поглинанням солей деревиною з розрахунку не менше 75 кг/м³. Металеві вироби пофарбовані масляною фарбою в два шари. Металеві монтажні деталі пофарбовані 2-ма шарами емаллю ПФ135.

Виробнича потужність пекарні визначена виходячи з продуктивності печі, умовного асортименту.

Виробнича потужність хлібокомбінату складає 1,2 т/добу хлібобулочних та кондитерських виробів.

Хлібокомбінат працює в дві зміни при шестиденному робочому тижні. Кількість робочих днів 320 на рік. Штат хлібокомбінату складається з 20 осіб.

Короткий опис технологічного процесу:

Доставка борошна на об'єкт здійснюється автомашинами - борошновозами;

Зберігання борошна: 1 – в мішках, 2 – навалом; приготування тіста на великих густих опарах в підкатних діжках. Випічка хлібобулочних виробів - в печі

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РЗ-ХПГ, випічка кондитерських виробів - в печі ШПЕСМ-3. Зберігання готової продукції - в контейнерах.

У кондитерському цеху встановлено необхідне устаткування для виробництва широкого асортименту. Продаж кондитерських і хлібобулочних виробів передбачений в магазині хлібокомбінату.

У торговельній залі встановлено два автомати для продажу хліба та один для кондитерських виробів. Технології та технологічне устаткування відповідають сучасним виробництвам.

Для розвантаження машин передбачена платформа. Горизонтальне переміщення сировини проводиться ручними вантажними візками, пересувними контейнерами, транспортувальними піддонами.

Схема генерального плану передбачає нормований відсоток забудови, впорядкування і озеленення ділянки, на якій передбачений майданчик з твердим покриттям для зберігання відходів і сміття в закритих контейнерах. Передбачені поливальні крани. Скидання каналізації передбачене в закриту мережу. У зв'язку з відсутністю в повітрі витяжних систем шкідливих газів і домішок спеціальні пристрої по очищенню повітря не передбачаються. Заходи щодо забезпечення допустимих рівнів шуму від працюючого устаткування передбачені у відповідних розділах робочої документації.

Товщина теплоізоляційного шару покриття, склад і товщина зовнішніх цегляних стін приймається залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря.

Креслення фундаментів необхідно переробляти з урахуванням місцевих гідрогеологічних умов: характеристик міцності ґрунту, глибини промерзання ґрунту, рівня ґрунтових вод.

Роботи по вертикальному плануванню майданчика починати за наявності проекту планування всіх підземних споруд і загального балансу ґрунту по картограмі земляних робіт.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Траншеї та котловани розробляються зі скосами з урахуванням вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».

Бетонна суміш виготовляється централізовано на підприємствах будівельної індустрії і на будівельний майданчик доставляються самоскидами. Подача бетону на місце укладання виконується в бункерах гідравлічним автокраном КС-3575 вантажопідйомністю 10 т.

Бетонна підготовка виконується смугами через одну, шириною 3–4 м, окремими один від одного дошками з ущільненням електровіброрейками. Переміщення завантаженого або порожнього бункера вирішується тільки при закритому затворі.

До початку монтажу надземної частини будівлі повинні бути виконані роботи по прибудові фундаментів, їх зворотному засипання і вертикальному плануванню майданчика. Збірні, залізобетонні плити покриття вмонтовуються після зведення цегляної кладки. Цегляна кладка і монтаж плит покриття виконується по ділянках. Цегляна кладка стін і перегородок ведеться з інвентарних внутрішніх підмостів. Плити, покриття вмонтовуються після досягнення розчином в кладці 70% його міцності, автокраном КС-3575. Максимальна вага плит покриття до 3 т.

При виконанні робіт в зимовий час проектом передбачаються наступні заходи: розробка ґрунту в котлованах і траншеях при промерзанні до 0,25 м виконується методом спущування; при промерзанні до 0,7 м – із застосуванням клин-молота або кулі-молоту; бетон витримувати за допомогою електропрогрівання.

Бетон, що укладається, повинен мати позитивну температуру, для чого приготування його виконувати з підігрівом; цегляну кладку стін і перегородок проводити з додаванням у розчин хімічних домішок для прискорення тверднення (хлориди кальцію і натрію, нітрати натрію); розчини для цегляної кладки і обробних робіт повинні мати температуру не нижче 8°C; штукатурні роботи внутрішніх приміщень виконувати при працюючому опаленні; дотримувати правил виробни-

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

цтва в зимовий час і вимог ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» та ін.

Потужність пекарні складає 2,5 т на добу хліба й хлібобулочних виробів.

Варіанти зберігання основної сировини - з тарним або з безтарним зберіганням борошна. При тарному зберіганні борошно доставляється на хлібокомбінат в мішках автотранспортом і зберігається на піддонах П-2. За допомогою ручного мішкоперекидача НВ-ХСП борошно подається в просіювач А2-ХПГ, а потім надходить у діжу А2-ХТД, установлену на заглиблених вагах РП-150Ц13Т.

При безтарному зберіганні борошно доставляється на хлібокомбінат автоборошновозом. За допомогою пристрою сполучного В4-ХСВ борошно по трубопроводах надходить із цистерни автоборошновоза в бункери, установлені на вагах РС-10Ш13, звідки конвеєром подається на просіювач А2-ХПГ, потім у діжу, установлену на вагах РП-150Ц13Т.

Додаткова сировина поставляється автотранспортом. Цукор надходить у мішках і зберігається на піддонах. Сіль – у ларі ТЛ-28. Готування сольового розчину здійснюється в солерозчиннику ХСР3/2. Цукор просівається в просіювачі А2-ХПГ. Швидкопсувна сировина зберігається в холодильниках ШХ-0,40М і ШХ-0,56.

Приготування пшеничного тіста вести опарним способом. Для замісу встановлюється тістомісильна машина А2-ХТМ. Шумування тіста передбачене в діжах.

Для оброблення тіста використовується наступне устаткування: машини тістоокруглювальні Т1-ХТН і А2-ХП2-39, ручний тістодільник РДЛ-2, столи СП 1, машина для рогаликів 3-500. Для розсіювання встановлена шафа шумування А2-ШБ2-Р-64. Випікання виробів виконується в печі РЗ-ХПГ. Готова продукція укладається в контейнери і надходить для продажу в магазин хлібозаводу.

Мийка інвентарю здійснюється в спеціально відведеному приміщенні, де встановлені мийні ванни ВМСМ-1.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для технохімічного контролю технологічного процесу виробництва передбачена лабораторія.

На хлібокомбінаті прийнята бригадна форма організації праці, представлена однією бригадою по виробництву хлібобулочних виробів у кількості п'яти осіб. Контроль за роботою хлібокомбінату веде районний відділ хлібопечення. Вихід на роботу зі змінним графіком. Тривалість робочого тижня – 41 година. Застосовується науково-обґрунтоване планування роботи бригади, обліку й зіставлення всіх видів витрат виробництва із планового й нормативного, матеріального стимулювання колективу бригади за збільшення випуску продукції, підвищення якості й економії всіх видів матеріальних ресурсів.

Витрата електроенергії– 334,8 тис. (кВт·год.)/рік для тарного зберігання борошна.

Витрата гарячої води – 346,52 м³/рік.

Витрата холодної води – 955,85 м³/рік.

1.2. Технологічні системи та системи життєзабезпечення хлібокомбінату

Система теплопостачання

Теплопостачання хлібокомбінату здійснюється від вбудованої топкової з двома котлами КЧМ-3М, що працюють на твердому паливі або газі. Передбачена установка водоводяного підігрівача гарячого водопостачання ПІЗ-4-05, установка мережних насосів (один – робочий, другий – резервний), установка лічильника-витратоміру. Теплоносій для системи опалення – вода з параметрами 95-70°C; система опалення однотрубна з нижньою розводкою. Нагрівальні прилади-конвектори типу «Універсал» (у побутових приміщеннях і магазині) і гладкі труби (у приміщеннях категорії В).

Приготування гарячої води з температурою 60°C проводиться у водоводяному підігрівачі на потреби гарячого водопостачання.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система вентиляції

Вентиляція хлібокомбінату прийнята припливно-витяжна з механічним і природним спонуканням. Від частини технологічного устаткування запроєктовані місцеві відсмоктування. У приміщенні кондитерських виробів передбачено кондиціонування. Повітрообмін визначений з розрахунку боротьби з тепловиділеннями і по кратності згідно діючих норм.

Системи водопостачання та каналізації

Водопостачання здійснюється від зовнішніх мереж водопроводу.

Норми витрати води прийняті відповідно до ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

У будівлі передбачається одне введення водопроводу. Мережі прийняті із сталевих легких водопровідних оцинкованих труб по ДСТУ 8936:2019.

Скидання стоків здійснюється в зовнішню мережу каналізації. У будівлі запроєктовані роздільні мережі побутової і виробничої каналізації. Внутрішні мережі каналізації прийняті із чавунних каналізаційних труб діаметром 50-100 мм по ДСТУ Б.В.2.5-25:2005. Вентиляція мережі здійснюється через каналізаційний стояк що виводиться вище за крівлю на 0,3 м.

Система електропостачання

Електропостачання пекарні здійснюється від місцевих мереж 0,4 кВ по ТУ енергозберігаючої організації. Кількість введень в будівлю – одне, тип введення – кабельне. Для пожежних насосів передбачається два кабельні введення від двох джерел живлення.

Передбачені наступні види освітлення: робоче, евакуаційне – напругою 220 В; ремонтне – 36 В.

Основне електроустаткування: щити розподільні, щити освітлювальні. З метою підвищення пожежної безпеки передбачено: централізоване і автоматичне відключення вентиляції при пожежі; виключення транзиту мереж через пожежо-небезпечні зони; загальне відключення електроспоживачів складських пожежоне-

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

безпечних приміщень єдиним відмикаючим пристроєм, розташованим поза складом з пристосуванням для пломбування.

Автоматизації підлягають: лінія подачі борошна, що складається з двох вібророзвантажувачів виробничих бункерів, гвинтового конвеєра, просіювача; рециркуляційна заслінка і припливна вентиляція; пожежні насоси; топкова, яка складається з двох котлів КЧМ-3М, що працюють на твердому паливі або на газі, двох мережевих насосів.

Для розміщення електроапаратури передбачені щити. Прокладка електропроводки виконана на скобах по стінах.

В роботі передбачається виконання блискавкозахисту по I II категорії шляхом укладання блискавкоприймальної сітки під шар утеплювача.

Передбачається телефонізація, радіофікація, охороно-пожежна сигналізація. Підключення до зовнішніх мереж телефонізації і радіофікації виконується згідно технічним умовам місцевих організацій Міністерства зв'язку. Проектом охороно-пожежної сигналізації слід розглядати як варіант, який уточнюється при прив'язці проєкту відповідно до технологічних умов органів відомчої охорони і Держпожежнагляду.

Система протипожежного захисту

Будівля хлібокомбінату відповідно до СНиП 2.09.02-85* відноситься по вибухопожежній і пожежній небезпеці до категорії «Д», «В» по ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» клас будівлі II, ступінь вогнестійкості – II. Протипожежні заходи виконуються згідно вимогам ПУЕ-87 і правилам пожежної безпеки.

Прийняті в роботі планувальні і конструктивні рішення у разі виникнення пожежі забезпечують безпечну евакуацію людей із всіх приміщень.

Внутрішня обробка пожежонебезпечних приміщень прийнята з матеріалів, що не горять, внутрішні двері пожежонебезпечних приміщень прийняті протипожежними.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Будівля хлібокомбінату згідно ДБН В.1.1-7:2016 обладнана внутрішнім протипожежним водопроводом. Зовнішнє пожежогасіння вирішується від місцевих водопровідних мереж, обладнаних гідрантами або від двох пожежних резервуарів ємністю по 50 м³ кожен.

1.3. Вимоги нормативних документів

1.3.1. Вимоги ДБНУ до системи холодного водопостачання

На об'єкті передбачена система гарячого і холодного водопостачання.

Система холодного водопостачання відповідає вимогам ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування», ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

Система являє собою мережу трубопроводів, що розподіляють гарячу і холодну воду між окремими водорозбірними пристроями.

Подача холодної і гарячої води здійснюється від відповідних зовнішніх мереж. подача холодної води відбувається по вводу діаметром 50 мм. Введення гарячого водопостачання діаметром 32 мм прокладається в каналі тепломережі.

Вода для ГВП повинна бути такої ж якості, що і питна, тому, що вона використовується для гігієнічних і для господарсько-побутових цілей. Температура гарячої води приймається 60...65°C, меншу температуру одержують змішуванням з холодною водопровідною водою.

Системи внутрішнього водопроводу включають: введення, вodomірні вузли, стояки, магістральну і розводящу мережі з підводками до санітарних пристроїв, технологічних установок, водорозбірну і регулюючу арматуру. Внутрішні мережі водопроводу і ГВП монтуються із сталевих оцинкованих водогазопровідних труб, прокладених в каналах опалення, в підпільних каналах і по стінах споруди. Ці трубопроводи ізолюються мінеральною ватою товщиною 30 мм і оштукатурюються азбестоцементним розчином.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У роботі приділена увага раціональному використанню води в системі внутрішнього водопроводу, можливості використання промислових методів виготовлення вузлів систем водопроводів і поточно-швидкісних способів монтажних робіт, зручність і економічність експлуатації систем, широке використання стандартного устаткування і деталей, ув'язування з архітектурно-будівельною, технологічною й іншою частинами проєкту.

Кількість ліній водоводів слід приймати з урахуванням категорії системи водопостачання і черговості будівництва. Введення прокладене в одну лінію і подача води здійснюється від одного джерела, тому, згідно ДБНУ, був передбачений обсяг води на час ліквідації аварії на введенні.

При вимиканні однієї ділянки (між розрахунковими вузлами) сумарна подача води на господарсько-питні потреби по інших лініях повинна бути не менш 70 % розрахункової витрати, а подача води до найбільш несприятливо розташованих місць водовідбору – не менш 25 % розрахункової витрати води. При цьому вільний напір повинен бути не менше 10 м.

З'єднання мереж господарсько-питних водопроводів з мережами водопроводів, що подають воду не питної якості, не допускається.

Трубопровідну, водорозбірну і змішувальну арматуру для систем господарсько-питного водопроводу варто встановлювати на робочий тиск 0,6 МПа. Конструкція водорозбірної і запірної арматури забезпечує плавне закриття і відкриття потоку води. Засувки (затвори) установленні на трубах діаметром 50 мм і більше.

Облік кількості і витрати води варто передбачати лічильниками холодної і гарячої води, установлюваними на введеннях у будинки чи на розгалуженнях мереж.

При закритій системі теплопостачання лічильники для води варто встановлювати тільки на системі холодного водопостачання.

Діаметр умовного проходу лічильника для води варто вибирати виходячи із середньої годинної витрати води за період споживання, що не повинен перевищувати експлуатаційний період.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Лічильник із прийнятим діаметром умовного проходу слід перевіряти на пропуск максимальної (розрахункової) секундної витрати води на господарсько-питні, виробничі та інші затрати, при якому втрати напору в крильчастих лічильниках холодної води не повинні перевищувати 2,5 м, в турбінних лічильниках – 1м.

При необхідності виміру витрати води і неможливості використання для цього лічильників води варто застосовувати витратоміри інших типів.

Вибір діаметру умовного проходу й установку витратомірів слід проводити відповідно до вимог відповідних технічних умов.

Лічильники на введеннях холодної води слід встановлювати біля зовнішньої стіни будинку в зручному і легкодоступному приміщенні зі штучним чи природнім освітленням і температурою повітря не нижче 5°C.

У теплових пунктах для обліку споживання води на потреби гарячого водопостачання лічильники холодної води необхідно встановлювати на трубопроводах, які подають воду до водонагрівачів.

З кожної сторони лічильників необхідно передбачати прямі ділянки трубопроводів, довжина яких визначається відповідно до ДСТ на лічильники (турбінні і крильчасті), вентилі чи засувки.

1.3.2. Вимоги ДБНУ до системи каналізації

Внутрішня каналізація - це система трубопроводів та інженерного обладнання, що забезпечують організований прийом стічних вод у місцях їх утворення та транспортування забруднених стоків за межі будинку у зовнішні мережі. За необхідності до системи внутрішньої каналізації можуть входити споруди місцевого підкачування або локального очищення стічних вод.

Проектування та будівництво системи внутрішньої каналізації хлібокомбінату повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки хлібокомбінат є промисловим підприємством харчової галузі, система каналізації матиме свої особливості, зокрема, щодо відведення та очищення виробничих стічних вод.

Ключові аспекти внутрішньої каналізації хлібокомбінату згідно з ДБН

1. Розділення мереж

Необхідно передбачити розділення мереж каналізації за призначенням стічних вод:

побутова каналізація (від санітарних приладів, душових, туалетів, адміністративно-побутових приміщень);

виробнича каналізація (від технологічного обладнання, миття тари, підлог, змивів, які містять борошно, дріжджі, залишки тіста тощо);

дощова (злизова) каналізація (для відведення атмосферних опадів, якщо вона проходить всередині будівлі або через внутрішні водостоки).

2. Вимоги до виробничої каналізації

Попереднє очищення: для виробничих стічних вод, що містять значну кількість завислих речовин (борошно, осад) або жирів, обов'язково має бути передбачене місцеве очищення перед скиданням у загальну мережу каналізації (або перед випуском).

Можуть застосовуватися жировловлювачі та/або відстійники/пісковловлювачі (для уловлювання борошна, дріжджів, крупних домішок).

Трубопроводи повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до можливого хімічного складу та температури стічних вод (хоча на хлібокомбінаті агресивність зазвичай невелика, але гаряча вода для миття може бути фактором).

3. Загальні вимоги

Розрахунок діаметрів трубопроводів та необхідних ухилів здійснюється для забезпечення самоочисної швидкості та розрахункової витрати стічних вод, згідно з таблицями та формулами ДБН.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Повинні бути передбачені оглядові колодязі, ревізії та прочистки в місцях зміни напрямку, приєднань та на прямих ділянках згідно з вимогами ДБН для забезпечення доступу для обслуговування.

Каналізаційні мережі повинні мати вентиляцію через стояки та витяжні частини, виведені вище даху.

Всі приймачі стічних вод (трапи, умивальники, мийки, унітази) повинні мати гідрозатвори для запобігання проникненню запахів з мережі.

У виробничих приміщеннях, де можливі змиви та проливи (цехи, мийні), повинні бути встановлені трапи з ґратами в підлозі.

1.3.3. Вимоги нормативних документів до системи вентиляції

Система вентиляції повинна відповідати ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», де встановлені вимоги до систем загальнообмінної та аварійної вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування й охолодження повітря будівель і споруд з метою забезпечення нормованих санітарно-епідеміологічних параметрів мікроклімату приміщень, виконання вимог безпеки та охорони навколишнього середовища, раціонального використання енергетичних ресурсів під час експлуатації.

Ці норми та положення відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд застосовуються при новому будівництві, реконструкції, модернізації, капітальному ремонті та технічному переоснащенні існуючих систем вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та охолодження повітря у приміщеннях будівель і споруд різного призначення.

Висновки

В роботі поставлена задача провести модернізацію технологічних систем та систем життєзабезпечення для хлібокомбінату потужністю 2,2 т на добу хліба й хлібобулочних виробів та виконати дослідження конструкцій пластинчастих теплообмінних апаратів з метою покращення їх характеристик.

					ВКР.144.6241м.02.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Теоретичний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Величко А.Л.										
Керівник	Соломонюк НС								НУК		
Консульт.											

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Система водяного опалення

2.1.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

Втрати теплоти розраховуємо через зовнішні огороження приміщень і внутрішні, якщо перепад температур у суміжних приміщеннях перевищує 5°C.

Приводимо приклад розрахунку теплового балансу приміщення 101, яке виконує роль приймальні.

Зовнішня стіна з одним вікном.

Висота стіни приймається як сума висоти приміщень і перекриття $4,7+0,2=4,9\text{м}$;

ширина $3,90+0,435+0,05=4,385\text{м}$;

площа стіни $4,9 \times 4,385=21,5\text{м}^2$;

площа вікна $1,5 \times 2=3\text{м}^2$;

площа стіни 1 з урахуванням площі вікон $F_{cm1}=21,5-3=18,5\text{м}^2$.

Аналогічно визначаємо площі іншої зовнішньої стіни: $F_{cm2}=35,25\text{м}^2$.

Для зовнішніх стін тепловий потік послідовно долає опір теплообміну на внутрішній поверхні стіни R_b , матеріалів шарів огороження R_i та опір зовнішньої поверхні R_n , тому опір теплопередачі цегляних стін визначаємо за формулою [8]:

$$R_{0\text{ст}} = R_b + \sum R_i + R_n, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт},$$

$$\text{де } R_b = \frac{1}{\alpha_b} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_n = \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{23} = 0,0435 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$\sum R_i = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{um}}{\lambda_{um}} = \frac{0,005}{52} + \frac{0,140}{0,29} + \frac{0,02}{0,814} = 0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт теплопередачі матеріалу $\alpha_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ (тепловий потік від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стіни);

$\alpha_{\text{н}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні огороження до зовнішнього повітря $\alpha_{\text{н}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Для зовнішніх стін, $k_{\text{ст}}=\frac{1}{R_{\text{ст}}}=1,011 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; коефіцієнт тепловіддачі для вікон $k_{\text{вік}}=1,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

2.1.2. Визначення втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

Теплові втрати через зовнішні огороження :

$$Q_{\text{ог}} = \sum_{s=1}^m k_i F_i (t_{\text{вн}} - t_{\text{пз}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i =$$

$$=(1,011 \cdot (18,5 + 33,25) + 1,72 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6) \cdot (18 - (-19)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1 + 0,05) = 3248,5 \text{ Вт},$$

де k_i – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;

F_i – площа поверхні окремих зовнішніх конструкцій, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – температура всередині приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}^{\text{б}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

n_i – коефіцієнт, за допомогою якого урахуємо зниження різниці температур, яка залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

З метою спрощення розрахунків об'єднуємо приміщення, в яких однакова температура повітря, та які знаходяться близько одне від одного, додаткові $(1 + \sum \beta_i)$ враховують β_1 – вплив орієнтації приміщення за сторонами світу; β_2 – на проникність повітря у приміщення з двома зовнішніми стінами; β_3 – на розрахункову температуру зовнішнього повітря; β_4 – на підігрів холодного повітря, що надходить через зовнішні двері без повітряних завіс.

Загальні результати зведені в таблицю 2.1.

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплові втрати на підігрів повітря, що інфільтрується у приміщення, визначаємо за методикою, наведеною у ДБН В.2.5-67:2013.

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \sum G_{\text{інф}} c(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{Б}}) \cdot k$$

де $\sum G_{\text{інф}}$ – витрати інфільтраційного повітря, кг/с;

c – теплоємність повітря (приймається $c = 1$ кДж/(кг·К));

k – коефіцієнт, приймаємо значення 0,7...1,0 залежно від умов проходження теплового потоку у приміщенні. $Q_{\text{інф}}$ приймаємо по більшому значенню, отриманому при розрахунку, по вищенаведеній формулі.

$$\sum G_{\text{інф}} = \frac{0,21 \cdot \sum \Delta p_1^{0,67} \cdot A_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta p_2^{0,5} \cdot A_2}{R_2},$$

де Δp – різниця тисків повітря на зовнішніх і внутрішніх поверхнях відповідно вікон та зовнішніх дверей;

A_1 і R_1 – відповідно площа вікон, м^2 , та опір проникненню повітря через них, $(\text{м}^2 \cdot \text{год})/\text{кг}$, аналогічно A_2 і R_2 .

$$\sum G_{\text{інф}} = 31,53 \text{ кг/год.}$$

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \sum G_{\text{інф}} c(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{Б}}) \cdot k = 0,28 \cdot 31,58 \cdot 1 \cdot (18 - (-19)) \cdot 1 = 326,62 \text{ Вт.}$$

Аналогічно розраховуємо всі приміщення, результати заносимо до таблиці 2.1.

2.1.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення

Надходження теплоти у приміщення визначаються за формулою:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{пп}} + Q_{\text{ел ос}} + Q_{\text{ел об}} + Q_{\text{пр об}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{ср}}$$

Теплота надходжень у приміщення від електричного освітлення:

$$Q_{\text{ел ос}} = N_{\text{ел ос}} k,$$

де $N_{\text{ел ос}} = \sum N_{i \text{ ел ос}} n_i$ – загальна потужність освітлювальних приладів, кВт;

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$N_{\text{ел ос}}$ – потужність одного освітлювального приладу, кВт;

n_i – кількість приладів у приміщенні однієї потужності, шт.;

k – коефіцієнт, що враховує кількість переданої теплоти від освітлювальних приладів у приміщення.

Теплота надходжень у приміщення від людини [8]:

$$Q_{\text{л}} = \sum Q_{\text{лі}} n_i = \sum \beta_i \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_{\text{п}}}) \cdot (35 - t_{\text{вн}}) \cdot n_i$$

де $\beta_i, \beta_{\text{од}}$ – коефіцієнти, що враховують інтенсивність праці та захисні якості одягу працівника відповідно;

$V_{\text{п}}$ – рухомість повітря в приміщенні, м/с;

$t_{\text{вн}}$ – температура у приміщенні, °С;

$n_i=5$ - кількість людей у приміщенні.

Приймаємо: $\beta_{\text{р}}=1$; $\beta_{\text{од}}=0,65$; $v_{\text{в}}=0,1$ м/с; $t_{\text{вн}}=18$ °С; $k=0,95$

$$Q_{\text{л}} = \sum Q_{\text{лі}} n_i = \sum \beta_i \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_{\text{п}}}) \cdot (35 - t_{\text{вн}}) \cdot n_i = 190,85 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел ос}} = N_{\text{ел ос}} k = 60 \cdot 8 = 456 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{над}} = 190,85 + 456 = 646,85 \text{ Вт}$$

2.2. Система холодного водопостачання

2.2.1. Визначення розрахункових витрат води та необхідних напорів

Розрахункові добові витрати води на хлібокомбінаті складають:

$$Q_{\text{доб}} = g_{\text{ж.п.}} \cdot N_2 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де $g_{\text{ж.п.}}$ – питомі витрати води, м³ на 1 тону продукції (1,8...4,8 м³/т хліба);

N_2 – кількість хлібопродуктів, шт.

Розрахункові витрати за добу найбільшого та найменшого водоспоживання дорівнюють:

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{доб max}} = k_{\text{доб max}} \cdot Q_{\text{доб m}} = 1,3 \cdot 8 = 10,4 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$Q_{\text{доб min}} = k_{\text{доб min}} \cdot Q_{\text{доб m}} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де $k_{\text{доб max}} = 1,3$;

$k_{\text{доб min}} = 0,7$ – коефіцієнти добової нерівномірності

Погодинна витрата води на хлібокомбінаті дорівнює:

$$q_z = k_{z \text{ max}} \cdot Q_{\text{доб m}} / 24 = 1,5 \cdot \frac{8}{24} = 0,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де $k_{z \text{ max}} = 1,5$ – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Секундні витрати складають:

$$g^{\text{tot}} = \frac{q_z}{3,6} = \frac{0,5}{3,6} = 0,14 \text{ л/с}$$

Відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» у водопровідній мережі має бути забезпечений необхідний напір

$$H_g = 10 + 4(n - 1) = 10 + 4(2 - 1) = 14 \text{ м вод. ст.}$$

де n – кількість поверхів будівлі хлібокомбінату.

2.3. Визначення необхідного повітрообміну

Розрахунковий повітрообмін у приміщенні при механічній вентиляції визначають, якщо у теплий період можливе провітрювання через відкриті отвори. Тоді за розрахунковий повітрообмін береться більший з повітрообміну по перехідному та холодному періоду. Якщо в теплий період неможливе провітрювання через вікна (за технологічними чи конструктивними причинами), то за розрахунковий повітрообмін приймається більший повітрообмін за трьома періодами.

Зазвичай, одна припливна вентиляційна установка обслуговує приміщення в перехідний та зимовий чи в літній, перехідний і зимовий періоди. Тому, обравши

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

розрахунковий повітрообмін, необхідно перевірити параметри припливного повітря в інші періоди (наприклад у холодний). Це необхідно для правильного розрахунку виробництва теплоти калориферною установкою.

Згідно вимог ДБНУ, СН та технологічних умов, кратність повітрообміну для виробничих цехів складає 3 за годину.

Визначаємо необхідний повітрообмін для системи В – 1:

- в приміщенні зберігання хлібопродуктів:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 50 = 150 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 50 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення зберігання хлібопродуктів.

- в приміщенні мийних ванн ВМСМ-1:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 35 = 105 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 35 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення мийних ванн ВМСМ-1.

- в лабораторії технохімічного контролю технологічного процесу:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 25 = 75 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 25 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з лабораторії технохімічного контролю технологічного процесу.

- в приміщенні душової:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 6 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення душової.

- в приміщенні гардеробу вуличного одягу:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 18 = 54 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 18 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення гардеробу вуличного одягу.

- в приміщенні жіночого гардеробу спецодягу:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 16 = 48 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 16 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення гардеробу спецодягу.

Загальна кількість видаляемого повітря для системи В–1 становить $450 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначаємо необхідний повітрообмін для системи В – 2:

- в приміщенні кондитерського цеху:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 90 = 270 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 90 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення кондитерського цеху.

- в приміщенні виробництва кондитерських виробів:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 50 = 150 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 50 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення вироблення кондитерських виробів.

- в приміщенні вистоювання:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 8 = 24 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 8 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення вистоювання.

- в приміщенні топкової: $L = m \cdot V = 3 \cdot 50 = 150 \text{ м}^3/\text{год},$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 50 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення топкової.

- в приміщенні тамбуру: $L = m \cdot V = 3 \cdot 15 = 45 \text{ м}^3/\text{год},$

де m – кратність повітрообміну;

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$V = 15 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення тамбуру.

- в приміщенні коридору:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 8 = 24 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 8 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення коридору.

- в приміщенні биття яєць:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 10 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення биття яєць.

- в приміщенні розтарування та миття яєць:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 25 = 75 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 25 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення розтарування та миття яєць.

Загальна кількість видаляемого повітря для системи В – 2 становить $768 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначаємо необхідний повітрообмін для системи В – 3:

- в приміщенні підготування тіста:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 18 = 54 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 18 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення підготування тіста.

- в приміщенні просіювального відділення:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 30 = 90 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 30 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення просіювального відділення.

- в приміщенні миття інвентарю:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 12 = 36 \text{ м}^3/\text{год},$$

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де m – кратність повітрообміну;

$V = 12 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення миття інвентарю.

- в приміщенні складу сировини та муки:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 80 = 240 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 80 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення складу сировини та муки.

- в приміщенні тістозмішувального, тісторозділювального відділення та зали хлібокомбінату:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 150 = 450 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 150 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення тістозмішувального, тісторозділювального відділення та зали хлібокомбінату.

- в приміщенні тамбуру:

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 15 = 36 \text{ м}^3/\text{год},$$

де m – кратність повітрообміну;

$V = 15 \text{ м}^3$ – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення тамбуру.

Тоді загальна кількість видаляемого повітря для системи В–3 становить $915 \text{ м}^3/\text{год}$.

Висновки за розділом

Розділ 2 містить теоретичні розрахунки та визначення ключових параметрів для систем водяного опалення, холодного водопостачання та вентиляції хлібокомбінату.

Для проектування системи водяного опалення визначено втрати теплоти через зовнішні огороження. Розраховано опір теплопередачі цегляних стін та коефіцієнт тепловіддачі для вікон. Наведено приклад розрахунку теплового балансу для приміщення 101 (приймальня).

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Враховано додаткові коефіцієнти ($\Sigma\beta_i$) для коригування теплових втрат, які залежать від орієнтації, проникності повітря, температури зовнішнього повітря та підігріву повітря через двері. Визначено теплові втрати на підігрів інфільтраційного повітря за методикою ДБН В.2.5-67:2013. Розраховано надходження теплоти у приміщення від електричного освітлення та людей.

Для проєктування системи холодного водопостачання розраховано добові, годинні та секундні витрати води на хлібокомбінаті з використанням коефіцієнтів добової та годинної нерівномірності. Визначено необхідний напір у водопровідній мережі відповідно до ДБН В.2.5-74:2013.

Для системи вентиляції хлібокомбінату встановлено порядок визначення розрахункового повітрообміну залежно від періоду (холодний, перехідний, теплий) та можливості провітрювання. Визначено необхідний повітрообмін для трьох окремих вентиляційних систем (В-1, В-2, В-3) на основі кратності повітрообміну та об'єму повітря, що видаляється з кожного приміщення.

Загальна кількість повітря, що видаляється, для кожної системи становить:

В-1: 450 м³/год.; В-2: 768 м³/год.; В-3: 915 м³/год.

					ВКР.144.6241м.02.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розрахунковий розділ	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Величко А.Л.							
Керівник	Соломонюк НС					НУК		
Консульт.								

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розробка системи опалення

3.1.1. Складання теплового балансу. Визначення теплової потужності системи опалення

Нестача теплоти, яку треба вносити в приміщення системою опалення, визначається як теплова потужність системи опалення

$$Q_{co} = Q_{втр} - Q_{над} = 3574,97 - 646,85 = 2928,12 \text{ Вт}$$

Результат розрахунку балансу теплоти приміщень заносимо у табл.

Теплова потужність системи водяного опалення 39 кВт.

3.1.2. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень

$$q = k_q \cdot \frac{Q_{co}}{V_{зов} (t_{вн} - t_{н}^B)} = 1,6 \cdot \frac{39051}{365 \cdot 9,2(18 - (-19))} = 0,314 \text{ Вт/м}^3,$$

де $V_{зов}$ – відповідно зовнішній об'єм будівлі, м³;

$t_{вн}$ – середня температура у приміщеннях будівлі, °С.

k_q – коефіцієнт, що враховує місце розташування приміщення по поверхам та сторонам світу, приймаємо $k_q = 1,6$.

Значення q порівнюємо зі значенням $q_{пит}$ для виробничих будівель та споруд $q_{пит} = 0,49$ за нормами, що задовольняє вимогам $q < q_{пит}$. За результатами можна зробити висновок, що будівля відповідає нормам.

3.1.3. Вибір та обґрунтування типу системи опалення та опалювальних приладів

Використовуємо залежну горизонтальну систему водяного опалення з примусовою циркуляцією. На першому поверсі за верхньою розводкою подаючого трубопроводу, на другому поверсі - з нижньою.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Опалювальними приладами першого поверху є реєстри з гладких труб, а на другому поверсі встановлено радіатори чавунні секційні МС-140М-500-0,9.

На першому поверсі розташовані приміщення цехового типу, тому естетичні якості не так важливі. На другому поверсі знаходяться приміщення офісного типу, тому використовуємо чавунні радіатори, які розміщуємо в нішах під підвіконнями.

3.1.4. Розрахунок площі поверхонь та кількості опалювальних приладів для всіх приміщень. Вибір зразків опалювальних приладів

Вибираємо радіатори чавунні секційні МС-140М-500-0,9. Розміщення опалювальних приладів вказано на аксонометричній проекції системи водяного опалення.

Розрахунок проводимо для одного приміщення. Для інших приміщень розрахунок зводимо у таблицю.

Система опалення двотрубна горизонтальна. Параметри теплоносія $t_r = 95^\circ\text{C}$, $t_o = 70^\circ\text{C}$. Температура води в приміщенні $t_{вн} = 18^\circ\text{C}$

Відкрито прокладені: стояки зовнішнім діаметром $d = 15\text{мм}$, підводки зовнішнім діаметром $d = 15\text{ мм}$.

У подавальній частині системи, де $\Delta t = t_r - t_b = 95 - 18 = 77^\circ\text{C}$, для вертикальних труб з $d = 15\text{мм}$ - $q_b = 52\text{ Вт/м}^2$, для горизонтальних труб $d = 15\text{мм}$ - $q_r = 71\text{ Вт/м}^2$ [19].

У зворотній частині системи, де $\Delta t = t_o - t_b = 70 - 18 = 52^\circ\text{C}$, для вертикальних труб з $d_{зовн} = 15\text{мм}$ - $q_b = 31\text{Вт/м}^2$; для горизонтальних труб з $d_{зовн} = 15\text{мм}$ - $q_r = 43\text{ Вт/м}^2$.

$$Q_{\text{тр}} = (q_b l_b + q_r l_r)_{\Delta t = 77^\circ\text{C}} + (q_b l_b + q_r l_r)_{\Delta t = 52^\circ\text{C}} = 1939,2\text{ Вт}.$$

На опалювальні прилади теплове навантаження складає:

$$Q_{\Sigma\text{пр}} = 1182,84\text{ Вт}$$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункову густину теплового потоку нагрівального приладу визначаємо:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{\text{пр}}}{0,1} \right)^p c_{\text{пр}} = \approx 715,95 \text{ Вт/м}^2,$$

де $q_{\text{ном}} = 656 \text{ Вт/м}^2$ – номінальна густина теплового потоку приладу при стандартних умовах;

$$n = 0,3; p = 0,02; c_{\text{пр}} = 1,039.$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = (0,5 (t_{\text{г}} + t_{\text{о}}) - t_{\text{в}}) = 0,5 (95 + 70) - 18 = 64,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Дійсна витрата води в нагрівальному приладі

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{c \cdot (t_{\text{с}} - t_{\text{о}})} = 0,0113 \text{ кг/с}.$$

Розрахункова поверхня нагріву безпосередньо нагрівального приладу

$$F_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} \beta_1 \beta_2 = 1,83 \text{ м}^2,$$

де β_1, β_2 – коефіцієнти, що враховують додатковий тепловий потік нагрівальних приладів за рахунок округлення розрахункових величин та додаткові втрати теплоти приладами біля зовнішніх огорожень [4], $\beta_1 = 1,02, \beta_2 = 1,02$.

Розрахункова кількість секцій чавунних радіаторів

$$N_{\text{р}} = \frac{F_{\text{р}} \beta_4}{f_1 \beta_3} = 8,02$$

Для радіатору типу МС-140М-500-0,9:

f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції, $f_1 = 0,2 \text{ м}^2$;

β_3 – коефіцієнт, що враховує кількість секцій в одному радіаторі,

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{0,06}{F_{\text{пр}}} = 1,005$$

$\beta_4 = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує спосіб установки радіатора в приміщенні.

Кількість секцій округляємо до більшого цілого.

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 9$ секцій. Результат вносимо в таблицю.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.1.5. Розробка аксонометричної схеми системи опалення

Аксонометричне креслення вузлів технологічних трубопроводів, як правило, виконують для об'єктів, які мають велику кількість трубопроводів і складну технологічну розводку, для труб з достатньо великим діаметром.

Сучасна система опалення складається з генератора тепла, трубопроводу, по якому передається теплоносії, та опалювальних приладів. Генератор тепла (котел) нагріває теплоносії (воду), який передається по трубах до теплового пункту, а звідти на опалювальні прилади. Охолоджений теплоносії повертається в котел, де знову нагрівається і прямує в подавальний трубопровід. Таким чином, відбувається циркуляція теплоносія.

Для даного об'єкту використовуємо систему з примусовою циркуляцією. У такій системі для руху теплоносія монтується циркуляційний насос.

Справа в тому, що температура води в системі постійно змінюється, відповідно змінюється і об'єм води. І, якщо не змінюється обсяг системи, то тиск буде сильно коливатися. Для компенсації розширення води в системах використовуються відкриті розширювальні ємності, які розташовують в найвищій точці. У ці ємності видавлює воду при збільшенні тиску і навпаки. Через ці ємності здійснювався також спуск повітря і наповнення системи. У сучасних системах замість відкритого бака використовується закритий мембранний розширювальний бачок. Відповідно, потрібно додатково вмонтувати відвідники повітря, крани для наповнення і зливу системи.

Отже, ми отримали найпростішу сучасну систему опалення: закрыта двотрубна система з примусовою циркуляцією. Аксонометрична схема представлена на кресленні.

3.1.6. Розрахунок головного циркуляційного кільця

Температура води, що подається в систему опалення, $t_r = 95^{\circ}\text{C}$, на виході – $t_o = 70^{\circ}\text{C}$.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Метою розрахунку ГЦК є визначення діаметрів труб у системі та перевірка працездатності системи по співвідношенню розрахункового циркуляційного тиску води і сумарним втратам тиску при русі води від тертя та здолення місцевих опорів.

Вибираємо головне циркуляційне кільце (ГЦК), що проходить через найвищий і найбільш віддалений опалювальний прилад, так як він самий навантажений.

Для двохтрубної системи з тупиковим рухом теплоносія і верхньою роздачею найбільш навантажений прилад – найнижчий.

Кількість води, що проходить по кожній ділянці циркуляційного кільця, визначаємо за формулою:

$$G_{\text{дiл}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{дiл}}}{c \cdot (t_r - t_o)} \cdot \beta_1 \cdot \beta = \frac{3,6 \cdot 105}{4,19 \cdot (95 - 70)} \cdot 1,02 \cdot 1,02 = 3,82 \text{ кг/год.},$$

де $Q_{\text{дiл}}$ – теплове навантаження ділянки, Вт;

$c = 4,19$ кДж/(кг·°C) – теплоємність води;

$\beta_1 = 1,02$ і $\beta_2 = 1,02$ – коефіцієнти врахування додаткових теплових потоків від округлення та розрахункових величин і від способу установки нагрівальних приладів відповідно. [4]

Динамічний тиск води на даній ділянці теплопроводу: $p_d = \frac{w^2}{2} \rho$, Па.

Втрати тиску на здолення місцевих опорів Z , Па визначають за формулою:

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \rho = \sum \zeta p_d, \text{ Па}$$

$$Z = 2 \cdot \frac{0,21^2}{2} \cdot 961,22 = 42,42 \text{ Па.}$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнта місцевих опорів на даній ділянці теплопроводу[49].

Результати розрахунків по всіх ділянках записуємо у таблицю.

Розрахунковий циркуляційний тиск для ГЦК визначаємо за формулою:

$$\Delta p_p = E(\Delta p_{e.np} + \Delta p_{e.mp}),$$

де E – коефіцієнт для двотрубних систем береться $E=0,4$;

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\Delta p_{e.пр}$ - тиск, що з'являється за рахунок охолодження води в нагрівальних приладах:

$$\Delta p_p = (g \cdot h \cdot (\rho_o - \rho_e) + 140) \cdot 0,4 = (9,81 \cdot 7,5(977,81 - 961,22) + 140) \cdot 0,4 = 515 \text{ Па.}$$

де h – вертикальна відстань від низу приладів одного поверху до низу приладів іншого поверху;

$\Delta p_{e.пр}$ - тиск, що з'являється при охолодженні води в теплопроводах, визначається за графіками, $\Delta p_{e.пр} = 140 \text{ Па.}$

В системі водяного опалення, як правило, встановлюють два циркуляційних насоса, що вмикаються по черзі. Таким чином, один насос є резервним. Насоси відцентрового типу приєднують до магістрального трубопроводу охолодженої води.

Для підбору циркуляційного насосу потрібно знати його подачу і розрахунковий тиск. Потрібна подача насоса $V_{нас}$, $\text{м}^3/\text{год.}$, визначається тепловим навантаженням обслуговуваної системи опалення ΣQ , Вт і температурним перепадом:

$$V_{нас} = \frac{3,6 \cdot \alpha \cdot \Sigma Q}{c \cdot (t_e - t_o) \cdot \rho_{70}} = \frac{3,6 \cdot 1,1 \cdot 39700}{4,19 \cdot (95 - 70) \cdot 961,22} = 1,56 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Тиск, створюваний циркуляційним насосом, повинен бути достатнім для подолання всіх опорів руху води в системі і приймається по втратах тиску в ГЦК за вирахування мінімального природного тиску:

$$p_{нас} = \Sigma(Rl + Z) - \Delta p_{e.мин} = 23642 - 515 = 23129 \text{ Па.}$$

Обираємо циркуляційний насос Grundfos UPS 32-80 з характеристиками: підйом (max) - 8м, витрата (min) - 11, $\text{м}^3/\text{год.}$

3.1.7. Розрахунок ємності розширювального баку

Встановлюємо відкритий розширювальний бак. Якщо система потребує простоти, то використовуються відкриті баки, які встановлюються на даху.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Робочий об'єм відкритого розширювального баку $V_{p.б}$ визначається за формулою:

$$V_{p.б} = \alpha \Delta t \cdot V_{c.o.} = 0,0006 \cdot 25 \cdot 440,56 = 6,6 \text{ м}^3,$$

де $\alpha = 0,0006$ - коефіцієнт об'ємного розширення води;

Δt - зміни температури води у системі опалення;

$V_{c.o.}$ – розрахунковий об'єм води в системі опалення, знаходимо його враховуючи ємність кожної секції радіатора а також об'єм води, який знаходиться в трубах.

Округлюємо отримане значення і встановлюємо бак на 10 літрів із запасом на випадок аварії.

3.2. Розробка системи вентиляції

3.2.1. Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи

Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи виконується для визначення та вибору діаметру регулюючих повітроводів, пристроїв і збуджувачів руху повітря. Порядок розрахунку наступний:

1. Компонуємо вентиляційну систему. При цьому уніфіковані трійники так, щоб витрата повітря в бічному відгалуженні була не більше витрати в прохідній частині трійника.

2. Будуємо аксонометричну схему вентиляційної системи та позначаємо відомі витрати на ділянках. Вирішуємо послідовно рівняння витрат мас повітря у вузлах, знаходимо витрати на всіх ділянках і необхідну загальну витрату повітря.

3. Використовуючи номограму для визначення питомих втрат тиску на тертя для труб при швидкостях руху повітря 4–25 м/с, по швидкостях і витратах повітря намічаємо діаметри повітроводів і остаточно приймаємо їх діаметр після зіставлення з діаметрами уніфікованих трійників.

4. Для підбору вентиляторів проводимо аеродинамічний розрахунок відповідних ділянок систем.

Аеродинамічний розрахунок приведено в таблиці 3.4.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

За результатами аеродинамічного розрахунку систем підбираємо необхідні витяжні вентилятори.

Для системи В – 1:

Подача, не менше $Q = 450 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір необхідного вентилятора, не менше $H = 24,5 \text{ Па}$

За каталогом підбираємо вентилятор В-Ц14-46-2

Подача вентилятора $500 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір на всмоктуванні 210 Па

Потужність двигуна вентилятора $0,12 \text{ кВт}$

Типорозмір двигуна вентилятора АИР56А4

Маса вентилятора 20 кг

Для системи В – 2:

Подача необхідного, не менше $Q = 768 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір необхідного вентилятора, не менше $H = 40,7 \text{ Па}$

За каталогом підбираємо вентилятор В-Ц14-46-21

Подача вентилятора $1000 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір на всмоктуванні 250 Па

Потужність двигуна вентилятора $0,18 \text{ кВт}$

Типорозмір двигуна вентилятора 4А160S4

Маса вентилятора 20 кг

Для системи В – 3:

Подача, не менше $Q = 915 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір необхідного вентилятора, не менше $H = 124,5 \text{ Па}$

За каталогом підбираємо вентилятор В-Ц14-46-21

Подача вентилятора $1000 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір на всмоктуванні 250 Па

Потужність двигуна вентилятора $0,18 \text{ кВт}$

Типорозмір двигуна вентилятора 4А150S4

Маса вентилятора 20 кг

3.2.2. Розрахунок припливної вентиляції для системи П – 1

Кількість повітря, що подається до приміщень хлібокомбінату, дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщень системою В – 1 місцевої вентиляції.

$$V = 450 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{450 \cdot 1,127}{3600} = 0,14 \text{ кг/с};$$

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ - густина повітря

Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією

$$Q_{\text{мв}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) = 0,14 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20) = 6400 \text{ Вт.}$$

Загальне навантаження на кондиціонери:

$$Q_3 = Q_{\text{мв}} + Q_{\text{ц}} = 6400 + 22000 = 28400 \text{ Вт, або } 28,4 \text{ кВт}$$

де $Q_{\text{ц}} = 22 \text{ кВт}$ – загальні теплові втрати по приміщеннях системи В – 1.

Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}})} = \frac{28400}{1,2 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,62 \text{ кг/с}$$

Витрата води на кондиціонери:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{28400}{4,19 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,18 \text{ кг/с}$$

3.2.3. Підбір калориферів для системи П – 1

Калорифери призначаються для нагрівання повітря в системах вентиляції і повітряного опалення. У відповідності до ДСТУ виготовлюються калорифери двох моделей: середньої – марок КФС, КМС, КФСО та великої – КФБ, КМБ, КФБО і КВБ. Калорифери КФСО і КФБО – ребристі, інші – пластинчаті. За рухом теплоносія калорифери поділяються на одноходові та багатоходові.

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 , визначається за формулою:

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$F = \frac{Q_3}{k(t_{\text{CpT}} - t_{\text{CpB}})} = \frac{28400}{22 \cdot (65 + 1)} = 19,6 \text{ м}^2,$$

де $t_{\text{CpT}}, t_{\text{CpB}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, °С;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К), визначається за формулою:

$$k = 15,2 \cdot w_n^{0,331} \cdot w_T^{0,166} = 15,2 \cdot 7^{0,331} \cdot 0,25^{0,166} = 22 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)},$$

де w_n – масова швидкість повітря, приймається рівною 7–12 кг/(м²·с) для пластинчатих і 3–5 кг/(м²·с) для ребристих калориферів;

$w_T = 0,25 \text{ м/с}$ – швидкість води в трубах калорифера.

Для підігріву повітря приміщень хлібокомбінату використовуємо в системі П – 1 калорифер, характеристики якого наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Технічні характеристики калорифера КФС

Площа поверхні нагріву, м ²	Площа живого перерізу, м ²		Габарити, мм		Діаметр штуцера, мм	Маса, кг
КФС	по повітрю	по теплоносію	довжина	ширина		
26,88	0,182	0,0135	750	640	50	99,8

Опір руху повітря в калорифері:

$$H_k = 3,28 \cdot w_n^{2,01} = 3,28 \cdot 7^{2,01} = 162 \text{ Па}$$

Система П – 2

Кількість повітря, що подається до приміщень хлібокомбінату, дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщень системою В – 2 місцевої вентиляції.

$$V = 768 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{768 \cdot 1,127}{3600} = 0,24 \text{ кг/с};$$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ густина повітря

Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією

$$Q_{\text{мв}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}}) = 0,24 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20) = 11000 \text{ Вт.}$$

Загальне навантаження на кондиціонери:

$$Q_3 = Q_{\text{мв}} + Q_{\text{ц}} = 11000 + 15000 = 26000 \text{ Вт, або } 26 \text{ кВт}$$

де $Q_{\text{ц}} = 15 \text{ кВт}$ – загальні теплові втрати по приміщеннях системи В – 2.

Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}})} = \frac{26000}{1,2 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,57 \text{ кг/с}$$

Витрата води на кондиціонери:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{26000}{4,19 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,17 \text{ кг/с}$$

Підбір калориферів для системи П – 2

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 :

$$F = \frac{Q_3}{k(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})} = \frac{26000}{22 \cdot (65 + 1)} = 18 \text{ м}^2,$$

де $t_{\text{ср т}}, t_{\text{ср в}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

Для підігріву повітря приміщень хлібокомбінату використовуємо в системі П – 2 калорифер типу КФС з площею поверхні нагріву $26,9 \text{ м}^2$

Система П – 3

Кількість повітря, що подається до приміщень пекарні, дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщень системою В – 3 місцевої вентиляції.

$$V = 915 \text{ м}^3/\text{год};$$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{915 \cdot 1,127}{3600} = 0,29 \text{ кг/с};$$

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ густина повітря

Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією

$$Q_{\text{мв}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}}) = 0,29 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20) = 13400 \text{ Вт.}$$

Загальне навантаження на кондиціонери:

$$Q_3 = Q_{\text{мв}} + Q_{\text{ц}} = 13400 + 18000 = 31400 \text{ Вт, або } 31,4 \text{ кВт}$$

де $Q_{\text{ц}} = 18 \text{ кВт}$ – загальні теплові втрати по приміщенням системи В – 3.

Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}})} = \frac{31400}{1,2 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,69 \text{ кг/с}$$

Витрата води на кондиціонери:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{31400}{4,19 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 0,20 \text{ кг/с}$$

Підбір калориферів для системи П – 3

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 :

$$F = \frac{Q_3}{k(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})} = \frac{31400}{22 \cdot (65 + 1)} = 21,6 \text{ м}^2,$$

де $t_{\text{ср т}}, t_{\text{ср в}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$.

Для підігріву повітря приміщень хлібокомбінату використовуємо в системі П – 3 калорифер типу КФС, аналогічний попереднім.

3.3. Розробка системи внутрішнього водопостачання

3.3.1. Розробка принципової схеми внутрішнього водопроводу

При проєктуванні внутрішніх мереж водопроводу спочатку виконують трасування мережі. При цьому на плані поверху позначають місця прокладання

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

стояків і підведень до приладів. Запроєктовані стояки переносять на план підвалу і проєктують там місця розташування водомірного вузла, магістральних труб і поливальних кранів.

Аксометрична схема водопровідної мережі враховує, що:

- горизонтально розміщені на планах лінії трубопроводів креслять також горизонтально;
- вертикально розміщені на планах лінії трубопроводів викреслюються з кутом нахилу 45° зліва направо без спотворень;
- стояки і вертикальні ділянки підводок доводорозбірної арматури, показані на планах точками, креслять вертикальними лініями.

Аксометричну схему внутрішнього водопроводу креслять в масштабі планів поверху з позначенням усіх трубопроводів, приладів, запірної та регулювальної арматури, водорозбірних кранів. Ці елементи показують прийнятими умовними позначеннями.

Для подальших розрахунків на виконаній аксонометричній схемі обирають головний розрахунковий напрямок (від вводу до найвіддаленішого і найвище розташованого водорозбірного диктуючого пристрою) і розбивають його на розрахункові ділянки — відрізки мережі між двома вузовими точками. На схемі проставляють номери вузових точок (1, 2, 3 тощо) і довжини розрахункових ділянок. Ділянки нумерують за вузовими точками (1 -2, 2- 3 тощо). Нумерацію точок починають від диктуючого пристрою, йдучи проти руху води до водомірного вузла. Діаметри труб на ділянках проставляють після розрахунку. На схемі відповідними умовними позначками проставляють відмітки підлоги підвалу, вводу, чистої підлоги поверхів, поверхні землі біля будинку, диктуючого водорозбірного пристрою (якщо у водопроводі є насоси, позначками показують їхні вісі).

Гідравлічний розрахунок мережі і насосів без регулювальних баків проводять за максимальними витратами води. Розрахунку підлягає ділянка трубопроводу від диктуючого приладу до вводу, розбита на аксонометричній схемі на розрахункові ділянки (розрахунковий напрямок). Метою розрахунку є визначення діаметрів труб на кожній з цих ділянок, потрібних для пропуску по них витрат води

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

при допустимих швидкостях руху, а також визначення загальних втрат напору при переміщенні води цими ділянками.

Знаючи витрати води на кожній ділянці, обирають за таблицями для гідравлічного розрахунку діаметри труб та одиничні втрати напору на тертя.

Загальні втрати напору на кожній ділянці розраховують за формулою, м:

$$H = i_l(1 + k_l),$$

де i - одиничні втрати напору на тертя, м;

l - довжина ділянки, м;

k_l - коефіцієнт, який враховує втрати напору у місцевих опорах мережі (для господарсько-питних водопроводів житлових і громадських будинків $k = 0,3$).

Сума загальних втрат напору на окремих ділянках ΣH складає величину загальних втрат напору на розрахунковому напрямку.

Після розрахунку загальних втрат напору на розрахунковому напрямку, визначають загальні потрібний напір для водопостачання будівлі, м:

$$H_{\text{потр}} = h_r + h_{\text{вв}} + h + \Sigma H + h_{\text{роб}},$$

де h_r - геометрична висота підйому води, яка визначається як різниця відміток диктуючого приладу і труб зовнішньої мережі водопроводу в точці підключення, м;

$h_{\text{вв}}$ - втрати напору на вводі, якщо вони не враховані при визначенні величини ΣH , м;

h - втрати напору у водомірі, м;

$h_{\text{роб}}$ - робочий напір перед водорозбірним пристроєм, необхідний для забезпечення його нормальної роботи, м.

Розрахункове значення потрібного напору $H_{\text{потр}}$ необхідно порівняти із значенням гарантованого напору $H_{\text{гар}}$. Якщо різниця між ними менша за 1м, то результати розрахунків задовільні, якщо більша, необхідно зменшити діаметр труб на ділянках мережі. У випадку, коли $H_{\text{потр}} < H_{\text{гар}}$ більше, ніж на 0,5м, слід перевірити можливість збільшення діаметрів найбільш навантажених ділянок мережі з метою зменшення потрібного напору, щоб виконувалась умова $H_{\text{потр}} < H_{\text{гар}}$. Якщо це неможливо, то слід запроєктувати підвищувальну установку.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Гідравлічний розрахунок систем гарячого водопостачання відрізняється від розрахунку холодного водопостачання тим, що враховують розрахункові витрати гарячої води і циркуляційні витрати, заростання трубопроводів і наявність водонагрівачів. При заростанні труб за рахунок відкладень накипу зменшується внутрішній діаметр труб, і при цьому втрати напору збільшуються приблизно на 20 %. Для компенсування втрат тепла в системі в подаючих трубопроводах, крім розрахункових витрат на господарські потреби, враховують подачу циркуляційних витрат води.

При виконанні розрахунку проводять ув'язку втрат напору в подаючих і циркуляційних трубопроводах для різних гілок системи гарячого водопостачання. Перш ніж вирішувати задачі з підбору циркуляційного насоса, слід перевірити можливість забезпечення природної циркуляції води в системі, тобто достатність гравітаційного напору для додання втрат напору в трубах. При необхідності проектування підвищувального і циркуляційного насосів рекомендується застосовувати один підвищувально-циркуляційний насос.

3.3.2. Гідравлічний розрахунок системи ХВП

Гідравлічний розрахунок системи холодного водопостачання хлібокомбінату проводиться для самої навантаженої гілки.

Максимальна витрата води: $Q_{\max} = \sum_{i=1}^n Q_{i\max} = 2,28 \text{ л/с.}$

Розрахункова витрата води: $Q_p = 0,5 \cdot Q_{\max} = 1,14 \text{ л/с.}$

Приймаємо швидкість руху води $v = 2 \text{ м/с.}$

Площа прохідного перерізу труби: $Q_p = \rho v S$

звідси $S = \frac{Q_p}{\rho v} = 0,00057 \text{ м}^2,$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води.

Внутрішній діаметр труби: $d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,027 \text{ м} = 27 \text{ мм.}$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо за сортаментом наступний більший діаметр $d = 32\text{мм}$.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 0,0008\text{м}^2;$$

$$v = \frac{Q_p}{S\rho} = 1,43 \text{ м/с}.$$

Гідростатичний тиск H_g визначаємо з аксонометричної проекції системи, як різницю між двома точками: підземною частиною водопроводу та найвищою точкою системи (висотою розташування крану на другому поверсі).

$$H_g = 4,5 \text{ м вод. ст.}$$

Втрати напору в місцевих опорах для найдовшої гілки трубопроводу на другому поверсі:

$$\text{Прохідний кран} \quad \xi = 3,5 \times 3$$

$$\text{Поворот труби} \quad \xi = 0,15 \times 8$$

$$\text{Змішувач} \quad \xi = 3 \times 4$$

$$\text{Тоді загальні} \quad \sum \xi = 23,7$$

Після вибору v та d знаходимо втрату напору на 1 м труби $1000i$, мм:

$$1000i = 55 \text{ мм}.$$

Знаходимо втрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l = 0,055 \cdot 78,6 = 4,3 \text{ м вод. ст.},$$

де i – втрата напору на 1 м труби, м;

l – довжина ділянки, м, з урахуванням місцевих опорів (25%)

Сумарні втрати напору

$$\sum H = \Delta H + H_g = 8,8 \text{ м вод. ст.}$$

Перевірка на працездатність системи водопостачання

Втрати напору $\sum H$ повинні бути менше, ніж різниця $(H_{\min} - \sum H_b)$,

де $\sum H_b$ – сума вільних напорів приладів на розрахунковій гілці.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$H_{\text{в}} = 2$ м вод. ст. – вільний напір мийки зі змішувачем;

$H_{\text{в}} = 3$ м вод. ст. вільний напір душової кабінки;

$H_{\text{min}} = 14$ м вод. ст.

$$H_{\text{min}} - \sum H_{\text{в}} = 14 - 5 = 9 \text{ м вод. ст.}$$

$$\sum H = 8,8 < 9 \text{ м вод. ст.}$$

Тобто умова працездатності виконується.

3.3.3. Гідравлічний розрахунок системи ГВП

Ділянка 1 – 2

1. Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці мережі, g^h , л/с:

$$g^h = 5g_0^h \cdot \alpha^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ л/с}$$

де g_0^h – секундна витрата гарячої води, водорозбірним краном;

α^h – коефіцієнт від загального числа приладів N на розрахунковій ділянці та ймовірності їх дії p^h .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях

$$p^h = \frac{g_{hr, u}^h \cdot U}{g_0^h \cdot N \cdot 3600} = \frac{200 \cdot 5}{0,2 \cdot 4 \cdot 3600} = 0,347,$$

де $g_{hr, u}^h$ - норма витрати гарячої води, л/год. споживачем в час найбільшого споживання;

U – кількість споживачів води;

N – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці.

2. Згідно з g^h вибираємо діаметр водопроводу d , мм, керуючись тим, щоб швидкість руху води була в межах 0,6...1,2 м/с. Для того, щоб зменшити сумарні витрати напору $H_{l, tot}$ на ділянці 1 – 2 приймаємо: $v = 0,6$ м/с; $d = 25$ мм.

Після вибору v та d знаходимо втрату напору на 1 м труби 1000і, мм:

$$1000i = 75 \text{ мм.}$$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3. Знаходимо втрату напору по довжині на ділянці H_l , м:

$$H_l = i \cdot l = 0,075 \cdot 18 = 1,35 \text{ м вод. ст.},$$

де i – втрата напору на 1 м труби, м;

l – довжина ділянки 1 – 2, м.

4. Сумарні втрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 1 – 2, м:

$$H_{l, \text{tot}} = H_l(1 + K_l) = 1,35(1 + 0,3) = 1,8 \text{ м. вод. ст.},$$

де K_l - коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 1 – 2.

Аналогічно проводимо розрахунок на ділянці 2 – 3 та 3 – 4.

Ділянка 2 – 3

1. Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці мережі, g^c , л/с:

$$g^c = 5g_0^c \cdot \alpha^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,8 = 0,8,$$

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях:

$$p^c = \frac{g_{hr, u}^c \cdot U}{g_0^c \cdot N \cdot 3600} = \frac{200 \cdot 4}{0,2 \cdot 2 \cdot 3600} = 0,555$$

2. Згідно з g^c вибираємо діаметр водопроводу d , мм.

$$v = 0,6 \text{ м/с}; d = 25 \text{ мм.}$$

Після вибору v та d знаходимо втрату напору на 1 м труби $1000i$, мм:

$$1000i = 75 \text{ мм.}$$

3. Знаходимо втрату напору по довжині на ділянці H_l , мм:

$$H_l = i \cdot l = 0,075 \cdot 27 = 2,7 \text{ м. вод. ст.}$$

де l – довжина ділянки 2 – 3, м.

4. Сумарні втрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 2 – 3, м:

$$H_{l, \text{tot}} = H_l(1 + K_l) = 2,7(1 + 0,3) = 3,6 \text{ м вод. ст.}$$

де K_l - коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 2 – 3.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ділянка 3 – 4

1. Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці мережі, g^c , л/с:

$$g^c = 5g_0^c \cdot \alpha^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ л/с}$$

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях:

$$p^c = \frac{g_{hr, u}^c \cdot U}{g_0^c \cdot N \cdot 3600} = \frac{200 \cdot 5}{0,2 \cdot 4 \cdot 3600} = 0,347$$

2. Згідно з g^c вибираємо діаметр водопроводу d , мм.

$$v = 0,9 \text{ м/с}; d = 25 \text{ мм.}$$

Після вибору v та d знаходимо витрату напору на 1 м труби $1000i$, мм:

$$1000i = 95 \text{ мм.}$$

3. Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці H_l , мм:

$$H_l = i \cdot l = 0,095 \cdot 12 = 1,14 \text{ м вод. ст.}$$

де i – витрата напору на 1 м труби, м;

l – довжина ділянки 3 – 4, м.

4. Сумарні втрати напору з урахуванням місцевих опорів на ділянці 3 – 4, м:

$$H_{l, tot} = H_l(1 + K_l) = 1,14(1 + 0,3) = 1,48 \text{ м вод. ст.,}$$

де K_l - коефіцієнт, що враховує місцеві опори на ділянці 3 – 4.

Мінімальний напір в мережі водопроводу ділянки при максимальному господарсько-питному водоспоживанню на введенні в ділянку над поверхнею землі при двоповерховій забудові приймається 14 м.

Визначаємо з аксонометричної схеми гідростатичний напір:

$$H_g = 5 \text{ м вод. ст.}$$

Максимальний вільний напір санітарно-технічного приладу H_e , м приймаємо $H_e = 2 \text{ м вод. ст.}$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарні витрати напору у внутрішній системі дорівнюють:

$$H_g + \Sigma H_{l, tot} = 5 + 1,8 + 3,6 + 1,48 \leq 14 - 2,$$

або $11,85 \text{ м} \leq 12 \text{ м}$, тобто вільний напір приладів забезпечується.

3.4. Розрахунок самопливної внутрішньої каналізації хлібокомбінату

1. Максимальна секундна витрата стічних вод на розрахунковій ділянці мережі, g_k , л/с:

$$g_k = 5g_{0k} \cdot \alpha = 5 \cdot 1,6 \cdot 0,6 = 4,65 \text{ л/с},$$

де g_{0k} – секундна витрата стічних вод після диктуючого приладу (унітазу зі змивним бачком);

α – коефіцієнт, який залежить від загального числа приладів N_n на розрахунковій ділянці та ймовірності їх дії p_k .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів в побутових приміщеннях p_k :

$$p_k = \frac{Q_r \cdot U}{3600 \cdot g_{0k} \cdot N_n} = \frac{300 \cdot 20}{3600 \cdot 1,6 \cdot 6} = 0,174,$$

де Q_r норма витрати стічних вод, л/год., споживачем в час найбільшого споживання;

U – кількість споживачів води;

N_n – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці.

Приймаємо для каналізаційних трубопроводів побутових приміщень ділянки пластмасову трубу $d = 100 \text{ мм}$.

2. Згідно з g_k та d по номограмі знаходимо наповнення трубопроводу h/d , та швидкість руху стічних вод v , перевіряємо виконання умови $v \sqrt{\frac{h}{d}} \geq 0,5$:

$$h/d = 0,5; v = 1 \text{ м/с}$$

$$1 \sqrt{0,5} = 0,7 \geq 0,5$$

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Знаходимо нахил магістрального каналізаційного трубопроводу, i :

$$i = \frac{\lambda_{\sigma} \cdot V_{cp}^{B_{\sigma}}}{2 \cdot g \cdot 4 \cdot R} = \frac{0,24 \cdot 1^{1,5}}{2 \cdot 9,8 \cdot 4 \cdot 0,1} = 0,015$$

де i – нахил трубопроводу

λ_{σ} – коефіцієнт тертя по довжині безнапірного трубопроводу, визначається за формулою:

$$\lambda_{\sigma} = \lg \lambda'_{\sigma} = \lg \left(0,258 \cdot \lg \frac{V_t}{V_{2\omega}} - 2,066 \right) = 0,24,$$

де V_{cp} – середня швидкість течії рідини, м/с;

B_{σ} – параметр, що визначається за формулою:

$$B_{\sigma} = 3 - \frac{7,3979 + \lg O_p}{\lg \frac{V_{cp} \cdot O_p}{V_t}} = 1,5,$$

Приймаємо нахил системи рівним $i=0,02$.

Висновки за розділом

В Розділі 3 містить розробку та гідравлічні розрахунки систем опалення, вентиляції та внутрішнього водопостачання і каналізації для хлібокомбінату.

Обрано залежну горизонтальну систему водяного опалення з примусовою циркуляцією. Система є закритою двотрубною з примусовою циркуляцією. Теплова потужність системи опалення становить 2928,12 Вт, а загальна теплова потужність системи водяного опалення — 39 кВт.

Будівля відповідає нормам за питомою втратою теплоти на опалення.

На першому поверсі (цехового типу) використовуються реєстри з гладких труб. На другому поверсі (офісного типу) встановлені радіатори чавунні секційні МС-140М-500-0,9.

Підібрано циркуляційний насос Grundfos UPS 32-80 з характеристиками: підйом (max) - 8 м, витрата (min) - 11 м³/год.

Встановлено відкритий розширювальний бак об'ємом 10 літрів.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система вентиляції

Проведено аеродинамічний розрахунок і підбір вентиляторів для трьох витяжних систем (В-1,В-2,В-3) та калориферів для відповідних припливних систем (П-1,П-2,П-3).

Система внутрішнього водопостачання

Проведені гідравлічні розрахунки систем холодного та гарячого водопостачання.

Самопливна внутрішня каналізація

Для каналізаційних трубопроводів побутових приміщень прийнята пластмасова труба діаметром $d=100$ мм. Нахил системи прийнято рівним $i=0,02$.

					ВКР.144.6241м.02.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблица 3.4

Аеродинамічний розрахунок повітроводів

№ ділянки точок приєднання	Витрати повітря L, м³/год	Розмір повітроводу		Діаметр повітроводів d _{ек.} , мм	Довжина ділянки l м	Еквівалентна шорсткість k _{ек.} , м	Швидкість повітря v м/с	Динамічний тиск $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ Па	Витрати тиску на тертя на 1м пов.вод. R, Па/м	Витрати тиску на тертя по довжині пов. Rl, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi$	Витрати тиску на тертя Z Па	Витрати тиску на ділянці Rl+Z Па
		A мм	B мм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	В - 1												
Приміщення мийних ванн ВМСМ-1	105	150	150	150	2	0,1	1,54	1,424	0,880	1,8	1,5	2,1	3,9
Лабораторія технохімічного контролю	75	150	150	150	0,5	0,1	1,06	0,672	0,415	0,2	2,5	1,7	1,9
Приміщення гардеробу вуличного одягу	54	150	150	150	3,5	0,	0,81	0,393	0,243	0,9	1,5	0,6	1,4
Приміщення гардеробу спецодягу	48	150	150	150	1,5	0,1	0,73	0,321	0,199	0,3	1,5	0,5	0,8
Душова	18	150	150	150	1,5	0,1	0,25	0,037	0,023	0,0	1	0,0	0,1
Приміщення зберігання хлібопродуктів	150	150	150	150	1,5	0,1	2,24	3,013	1,861	2,8	4,5	13,6	16,3
Σ = 24,5													

Продовження табл.3.4													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
В – 2													
Приміщення вироблення кондитерських виробів	150	150	150	150	4	0,1	2,09	2,609	1,612	6,4	1,5	3,9	10,4
Приміщення кондитерського цеху	270	150	150	150	1,5	0,1	3,67	8,093	4,996	7,5	1,5	12,1	19,6
Топкова	150	150	150	150	1,5	0,1	2,30	3,183	1,966	2,9	1,5	4,8	7,7
Тамбур	45	150	150	150	2,5	0,1	0,70	0,294	0,182	0,5	1,5	0,4	0,9
Приміщення вистоявання	24	150	150	150	2,5	0,1	0,37	0,084	0,052	0,1	1,5	0,1	0,3
Коридор	24	150	150	150	2	0,1	0,36	0,077	0,048	0,1	1,5	0,1	0,2
Приміщення для биття яєць	30	150	150	150	2,5	0,1	0,40	0,098	0,061	0,2	2	0,2	0,3
Приміщення розташування та миття яєць	75	150	150	150	1,5	0,1	0,95	0,541	0,334	0,5	1,5	0,8	1,3

$\Sigma = 40,7$

Продовження табл.3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
В - 3													
Приміщення миття інвентарю	36	150	150	150	4	0,1	0,56	0,188	0,117	0,5	1,5	0,3	0,7
Приміщення підготування тіста	54	150	150	150	1,5	0,1	0,78	0,363	0,225	0,3	1,5	0,5	0,9
Приміщення просіювального відділення	90	150	150	150	1,5	0,1	1,35	1,100	0,680	1,0	1,5	1,6	2,7
Приміщення складу сировини та муки	240	150	150	150	2,5	0,1	3,67	8,093	4,996	12,5	1,5	12,1	24,6
Приміщення тісто-змішувального, тісто-розділювального відділення та пекарної зали	450	150	150	150	2	0,1	6,52	25,509	15,744	31,5	2,5	63,8	95,3
Тамбур	45	150	150	150	1,5	0,1	0,56	0,188	0,117	0,2	1,5	0,3	0,5

$\Sigma = 124,7$

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Дослідницький розділ	Літ.	Арк.
Студент	Величко А.Л.						Аркушів
Керівник	Соломонюк НС						
Консульт.						НУК	

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Дослідження пластинчастих теплообмінників

4.1. Загальні відомості про теплообмінники

Теплообмінник призначений для передавання теплової енергії від одного теплоносія до другого шляхом протікання теплоносіїв повз поверхню теплообмінного апарату. Теплообмінні апарати використовуються на тепловому вузлі для підігріву теплоносія системи опалення об'єкту від теплоносія централізованої мережі, а також для підігріву води у системі гарячого водопостачання. Найбільш доцільно використовувати пластинчасті розбірні теплообмінники через можливості підбору площі поверхні теплообміну шляхом додавання або зняття пластин з пакету. Процес теплообміну оптимізується також підбором оптимальної конфігурації каналів пластин. Вибір було зупинено на розбірних пластинчастих теплообмінних апаратах Danfoss. Конфігурація пластин таких апаратів дозволяє здійснити шість різних комбінацій каналів проміж двома пластинами, що надає інженеру можливості досягнення будь-якого необхідного співвідношення між параметрами теплоносіїв, що приймають участь у процесі теплообміну.

Пластинчасті теплообмінники також мають малі масо-габаритні показники у порівнянні із трубчастими теплообмінниками. Низькі втрати тиску під час проходження теплоносія крізь теплообмінник дозволяють зменшити необхідний тиск циркуляційних насосів, потужність, яку споживають електродвигуни їх приводу, зменшити діаметр трубопроводів, запірної арматури. Внаслідок цього знижується вартість допоміжного обладнання та споживання енергії. Зручність і простота в експлуатації забезпечується можливістю доступу до будь-якої пластини в пакеті, швидким механічним або хімічним очищенням, легкою заміною ущільнень за необхідністю.

У пластинчастому теплообміннику відбувається теплообмін між мережевою водою і водою системи опалення або гарячого водопостачання. Його поверхня теплообміну зібрана з паралельно розташованих штампованих пластин з тисненням

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

певної конфігурації. Кожна друга пластина розгорнена на 180°, утворюючи з першою і подальшою щілиноподібні канали для теплоносія і точки опор. Тонкі пластини і малі відстані між ними дозволяють отримати високу компактність і низьку металоємність теплообмінника, а оптимізована конфігурація каналів – підвищену інтенсивність теплообміну, що недосяжно в інших типах рідинних теплообмінників.

У теплових пунктах зазвичай застосовують пластинчасті ТО нерозбірної або розбірної конструкції. У нерозбірних – всі пластини і їх точки опор спаяні між собою і утворюють з кінцевими пластинами цілісну конструкцію. До кінцевих пластин припаяні підвідні і відвідні патрубки з різьбленням або фланцями на кінцях для приєднання до трубопроводів. Застосовують нерозбірні теплообмінники частіше для систем опалювання. Їх недолік – недоступність пластин для механічного очищення. Проте, допускається застосування промивання хімічними реактивами, зокрема кислотами, оскільки пластини нерозбірних і розбірних теплообмінників виконані з кислотостійкої неіржавіючої сталі.

Більш придатними для очищення поверхні теплообміну є розбірні теплообмінники. Їх частіше застосовують в системах ГВП. Вони складаються з окремих пластин з прокладками; пристосовані для швидкого розбирання і збирання. Вся поверхня теплообміну доступна для очищення. Пластини стягують між собою болтами, що зачіпляються за кінцеві пластини. Завдяки такому зачепленню, теплообмінники мають високу експлуатаційну надійність і мінімальний час для ревізії і очищення. У розбірних пластинчастих теплообмінниках забезпечують герметичність між каналами пружними багато разів використовуваними прокладками. Їх закріплюють до пластин спеціальними кліпсами, що дозволяють при необхідності здійснити швидку заміну.

Загальноприйнятих рекомендацій області застосування нерозбірних або розбірних пластинчастих ТО немає. Загальним підходом є застосування розбірних конструкцій при неякісному теплоносії. Нерозбірні теплообмінники мають переваги для більшості випадків застосування за економічними показниками. Крім то-

го, вони міцніші за розбірні теплообмінники. До того ж більшість з них мають менша вагу і розміри.

У теплообміннику застосовують тільки однотипні пластини (найменша кількість – три). При цьому утворюється два канали: один для охолодження мережної води, другий для нагріву води інженерної системи будівлі. Необхідну теплову потужність теплообмінника збільшують шляхом додаванням пластин. Їх кількість визначають тепло-гідравлічним розрахунком. Така конструктивна можливість забезпечує великий ступінь уніфікації, зокрема реалізацію прямооточної або протитечної, одноходової або двоходової схеми. Одноходовим називають теплообмінник з одностороннім приєднанням підвідних і відвідних патрубків. З таким теплообмінником здійснюють компактніше трубопровідне обв'язування. Він зручніше в обслуговуванні.

Двоходовий теплообмінник має патрубки з двох сторін. Прохідні канали розташовані одночасно паралельно і послідовно. Така схема по суті об'єднує два сполучених послідовно одноходових теплообмінники. При цьому в ній проходить три циркуляційні контури, наприклад, – системи теплопостачання, системи опалювання і системи гарячого водопостачання. Застосовують такі теплообмінники в основному для двохступеневого нагріву води в системах ГВП.

При проектуванні завжди постає завдання вибору оптимального проектного рішення як за тепло-гідравлічними та економічними критеріями. Однозначного рішення не існує. З декількох варіантів рішень вибирають найбільш прийнятний. Стандартні пластинчасті теплообмінники повністю готові для практичного застосування. Вони зібрані і перевірені на герметичність. При необхідності можуть бути укомплектовані теплоізоляцією та опорними підставками. Пластинчастий теплообмінник забезпечує високодинамічний процес нагріву води відповідно до змінним тепло-гідравлічного режиму системи. Пластинчастий теплообмінник з одностороннім приєднанням зменшує габарити теплового пункту і спрощує обслуговування.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Загальна інформація про експериментальні дослідження

Головною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів. Експериментальні дослідження – це перевірка проєктних параметрів теплообмінників в контрольованих або штучно створених умовах.

Експеримент – метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно і цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних умов чи застосування звичайних умов, необхідних для виявлення відповідних властивостей.

Експеримент проводять при необхідності підтвердити заявлені параметри об'єкту або при необхідності виявити у об'єкта раніше невідомі властивості.

Переваги експериментального вивчення об'єкта на спеціальних дослідницьких стендах порівняно зі спостереженням за об'єктом під час його експлуатації полягають у тому, що:

- під час експерименту є можливість вивчати роботу об'єкта «у чистому вигляді», усунувши побічні фактори, які приховують основний процес;
- в експериментальних умовах можна досліджувати окремі властивості об'єктів;
- існує можливість повторюваності експерименту, тобто проведення випробування стільки разів, скільки є необхідність.

Етапи процесу підготовки та проведення експерименту:

- проаналізувати апріорну інформацію;
- визначити мету дослідження;
- вибрати фактори впливу на об'єкт, визначити їх кількість діапазон варіювання кожного фактору;
- визначити функцію відклику;
- вибрати метод дослідження (наприклад повний факторний експеримент першого, другого і ін. порядку, пошуковий симплекс-метод, пошуковий метод крутого сходження; латинські квадрати, метод планів MQ та ін.);
- розробити план експерименту;
- вибрати додаткові параметри, якщо це необхідно;
- спроектувати стенд, вибрати потрібне вимірювальне обладнання;

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- розробити методику проведення експерименту;
- провести дослідження;
- виконати обробку експериментальних даних;
- визначити величину похибки вимірювання і результатів експерименту;
- зробити висновки.

Етап обробки результатів експерименту є найбільш трудомістким та відповідальним. Зміст його залежить від характеру обраного плану експерименту.

Необхідні дії експериментатора на даному етапі (Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII Про метрологію та метрологічну діяльність):

- визначення похибки прямих та непрямих замірів;
- статистична обробка паралельних досліджень;
- перевірка забезпечення достатньої відтвореності досліджень;
- перевірка вибірки експериментальних даних на представництво;
- визначення помилкових результатів серед паралельних досліджень для кожної експериментальної точки окремо;
- перевірка однорідності дисперсій для всіх експериментальних точок;
- аналіз даних (дисперсний, кореляційний, лінійний та нелінійний регресійні аналізи), графічне зображення результатів експерименту, аналіз вірності гіпотез, тощо.

4.3. Мета експериментального дослідження теплообмінника

Об'єкт дослідження – пластинчастий водо-водяний теплообмінник.

Мета досліджень – експериментальне визначення тепло-гідравлічних характеристик пластинчастого водо-водяного теплообмінника (ефективності та гідравлічних опорів), порівняння з розрахунковими даними.

Метод дослідження - стендові тепло-гідравлічні випробування.

В якості критеріїв оцінки характеристик регенератора (функцій відгуку) прийняті:

- ефективність теплообмінника (ϵ);

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- відносні втрати тиску гарячої води (δP_r , %);
- відносні втрати тиску холодної води (δP_x , %).

Фактори, що впливають на результат:

- витрата гарячої води (G_r). Номінальне значення $G_r = 2500$ кг/год;
- температура води на вході до гарячої сторони апарату (t_1). Номінальне значення $t_1 = 120$ °С;
- температура води на виході з гарячої сторони (t_2). Номінальне значення $t_2 = 80$ °С;
- витрата холодної води (G_x). Номінальне значення $G_x = 4000$ кг/год;
- температура води на вході до холодної сторони апарату (t''_1). Номінальне значення $t''_1 = 60$ °С;
- температура води на виході з холодної сторони апарату (t''_2). Номінальне значення $t''_2 = 85$ °С.

4.4. Схема і принцип роботи експериментального стенду

До складу експериментального стенду призначеного для випробування теплообмінників входять (див. креслення): теплообмінник 1, насоси 3 і 6 для перекачування "гарячої", що нагріває, і "холодної" води, відповідно, ємності 2 і 5 зі спіральними підігрівачами, для зберігання "гарячої" і "холодної" води, датчики тиску і температури для контролю параметрів теплоносіїв, витратомірні шайби 4 і 7. Також стенд укомплектовано системою автоматичного контролю параметрами і керування (САКК). У верхніх точках трубопроводів встановлюються повітровипускні клапани, у нижніх – дренажні клапани.

Перед початком експерименту вихідна вода за допомогою нагрівачів підігрівається в ємностях до потрібної температури, яка контролюється зануреним у ємність термометром. Також закривають всі дренажні клапани і відкривають повітровипускні клапани.

Для проведення експерименту оператор вводить до САКК потрібні витрати води і запускає насоси. Спочатку пускається насос холодної води, потім – га-

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

рячої. Деякий час, щоб запобігти аварії, насоси працюють на закриті засувки на їх нагнітанні, потім САКК відкриває засувки і подає води на теплообмінник. Після того, як із повітровипускних клапанів починає виходити вода, їх закривають.

Вода із ємності забирається насосом і подається до теплообмінника. Режим роботи насосу контролюється датчиком тиску. При перевищенні тиску більше потрібного рівня, або його падіння система керування зупиняє роботу насосів. Витрата води, що йде на теплообмінник визначається шляхом вимірювання перепаду тиску на мірній шайбі за допомогою датчика різниці тиску. Для забезпечення потрібної витрати води САКК керує клапаном-регулятором, що розміщено на байпасній лінії, по якій частина води зливається назад до вихідної ємності. За потреби збільшити витрату води на теплообмінник, регулятор прикривається і через байпас тече менше води, якщо треба зменшити витрату води на теплообмінник – навпаки.

Теплоносії проходять через теплообмінник і повертаються до вихідних ємностей. Температури теплоносіїв вимірюються на вході і виході з теплообмінника, втрати тиску вимірюються за допомогою датчика перепаду тиску. Також на вході до теплообмінника встановлюються датчики тиску, за якими контролюється тиск теплоносія у теплообміннику. У разі небезпечного підвищення тиску САКК видає сигнал на зупинку насосів.

Проводити вимірювання параметрів теплоносіїв за програмою дослідів слід після стабілізації температури теплоносіїв на виході з теплообмінника (оскільки перехід на новий за витратами і температурами режим завжди супроводжується нагріванням або охолодженням теплообмінної матриці, температури теплоносіїв на виході з теплообмінника можуть деякий час змінюватись – перехідний режим).

Після закінчення експериментального дослідження спочатку зупиняється нагнітач гарячої води. Нагнітач холодної води деякий час працює, щоб охолодити теплообмінник. Після зупинки нагнітачів відбувається дренавання трубопроводів: відкриваються дренажні клапани і повітровипускні клапани.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для більш достовірних результатів, врахування впливу тиску атмосферного повітря й інших випадкових причин повторюють дослідницькі випробування при різних метеорологічних умовах для одержання осереднених результатів.

4.5. Вибір засобів вимірювальної техніки

Місця установки датчиків для виміру температури й тиску гарячої і холодної води, а також їхня кількість вказані на схемі експериментального стенду.

Для дистанційного вимірювання температур використовуються термоперетворювачі опору мідні, що дублюються показуючими спиртовими термометрами. Для дистанційного вимірювання статичного тиску застосовуються приймачі статичного тиску, які дублюються показуючими деформаційними манометрами.

Для вимірювання витрати води застосовують витратоміри змінного перепаду тисків зі стандартними звужуючими пристроями (діафрагмами), відповідно до правил ДСТУ 8.586.3:2009 Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв.

Перепади тиску на діафрагмах та теплообміннику вимірюються датчиками перепаду тиску і дублюються водяними U-подібними термометрами.

Калібрування засобів вимірювальної техніки, застосовуваних для реєстрації параметрів при проведенні випробувань на стенді, проводиться за графіком відділу метрології.

Основні технічні характеристики засобів вимірювальної техніки, що використовуються при проведенні випробувань теплообмінників, наведені в таблиці 4.1.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1

Основні технічні характеристики засобів вимірювальної техніки, що використовуються при проведенні випробувань теплообмінників

Вимірюваний параметр	Діапазон вимірів	Перетворювач параметра			
		Найменування, тип	Межа вимірів	Клас точності (похибка, %)	Кількість
Система гарячої води					
Тиск води за насосом	0...0,6МПа	Приймач статичного тиску		(0,05)	6
Тиск води перед мірною діафрагмою	0...0,6МПа	Манометр деформаційний зразковий з умовною шкалою типу МО	0...1,0 МПа	0,4	6
Тиск води перед ТО		Перетворювач, Сафір-2444	0...1,0 МПа	0,5	6
Температура води у вихідній ємності Температура води перед ТО Температура води за ТО	0... 150°С	Термоперетворювач опору мідний TCM 8040-100M	-200... ...+250	(0,2)	6
Вимірювання температур		Перетворювач вимірювальний цифровий багатоканальний Ш711/1	0°... ... 600°С	(0,5)	1
Перепад тиску повітря на діафрагмі	0...20кПа	Приймач статичного тиску			4
	0...20кПа	U – подібний водяний п'єзометр	-1250 + 1250 мм вод. ст.	(±2 мм вод. ст.)	4
	0...20кПа	Перетворювач Сафір-2444ДД	0 ... 25 кПа	0,5	4

4.6. Обробка прямих вимірів

При обробці результатів прямих вимірів необхідно виключити режими, що мають відхилення від параметрів заданих у програмі випробувань та виключити несталі режими.

У режимах прийнятих до обробки:

- виключити з результатів спостереження із грубими погрішностями (промахи) (див. РМГ 29-99);
- виконати обробку результатів прямих вимірів з багаторазовими спостереженнями за ДСТУ-Н РМГ 43:2006;
- результати обробки оформити у вигляді таблиці й включити результати вимірів із вказівкою погрішності результату виміру на параметрах рас-парного (номінального) режиму.

Обробку результатів прямих дослідів починають з визначення метрологічних властивостей засобів вимірювання кожного параметра за ГОСТ 8.010-99 . Визначають похибки прямих і непрямих замірів: абсолютну та відносні похибки вимірювання, систематичні складові похибок та інше.

Статистична оцінка паралельних дослідів (у межах однієї експериментальної точки) полягає у визначенні основних параметрів розподілу випадкового значення функції відклику у експерименті.

При статистичній обробці для кожній експериментальній точці за значеннями паралельних дослідів визначається математичне очікування і дисперсія.

Серед різновидів розподілу найбільш поширеним вважається розподіл Гауса, який є нормальним, симетричним, двопараметричним. Основні параметри цього розподілу – математичне очікування та дисперсія – однозначно визначають його вигляд та розташування в полі значень.

Статистична обробка паралельних дослідів дозволяє отримати розподіл функції відклику для вибірових значень, якими є сукупність результатів дослідів. Серед цих результатів можуть бути й помилкові значення, тому й сам розподіл може бути отриманим з похибкою.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для зменшення вірогідності похибки необхідно вилучити з дослідів помилкові результати, тобто провести операцію з вилучення грубих помилок.

Якщо для кожної експериментальної точки проведено ряд паралельних досліджень і отримано ряд функцій відклику, то логічно припустити, що помилковим є такий результат, який виходить за межі ймовірнісного інтервалу.

Одним із методів визначення грубих помилок є метод Грубса:

- вибирають підозрілий результат з отриманих значень і вилучають його із даних;
- у даній експериментальній точці проводять статистичний аналіз, визначають математичне очікування, дисперсію та середньо квадратичне відхилення (без вилученого результату);
- розраховують значення критерію Грубса;
- обирають за таблицями критичне значення критерію Грубса;
- порівнюють експериментальне та критичне значення критерію Грубса, якщо експериментальне більше то припущення вірне – підозріле значення є грубою помилкою і його необхідно вилучити.

Аналіз достовірності інших даних проводять за описаним алгоритмом, але вже без вилучених даних. Визначення грубих помилок проводять, доки крайні значення (найбільше та найменше) не будуть визнані непомилковими.

Після відкидання грубих помилок в експериментальних точках може залишитись неоднакова кількість непомилкових значень. Для подальшої обробки може бути важливо, щоб кількість паралельних дослідів була однаковою в різних точках, тому для вирівнювання необхідно зробити додаткові експерименти.

Для наступного аналізу може бути потрібно впевнитися в тому, що всі експериментальні точки належать до одного і того ж розподілу випадкової величини (наприклад до розподілу Гауса).

Для цього потрібно, щоб з прийнятою довірчою ймовірністю була справедлива нульова гіпотеза: дисперсії розраховані для всіх експериментальних точок повинні бути рівними.

Для цього можливо скористуватися критерієм Кохрена. Перевірка виконується наступним чином:

- розрахувати максимальне значення статистики Кохрена;
- з таблиць вибирається критичне значення критерію Кохрена;
- порівняння дослідного та табличного критеріїв, якщо табличне значення більше дослідного, то критерій приймається.

Регресійні аналізи проводяться згідно до особливостей плану експерименту. Після виконання аналізу і отримання регресійного рівняння виконується перевірка адекватності отриманого регресійного рівняння реальному процесу.

4.7. Обробка непрямих вимірів

Абсолютний тиск обчислюється за заміреним значенням атмосферного й надлишкового тисків, МПа:

$$P = B + P_n,$$

де B - атмосферний тиск, МПа;

P_n - надлишковий тиск, МПа;

Відносна похибка визначення абсолютного тиску δP , %:

$$\delta P = \sqrt{\left(\frac{P_n}{P}\right)^2 \cdot \delta P_n^2 + \left(\frac{B}{P}\right)^2 \cdot \delta B^2}$$

де δP_n - відносна похибка визначення надлишкового тиску, МПа;

δB - відносна похибка визначення атмосферного тиску, МПа.

Тепловий потік, що отримується холодною водою, $Q_{xв}$, кДж/с:

$$Q_{xв} = G_{xв} \cdot C_{p_{xв}} \cdot (t''_2 - t''_1),$$

де $G_{xв}$ - витрата холодної води через теплообмінник, кг/с;

$C_{p_{xв}}$ - теплоємність води (визначається за таблицями властивостей води), кДж/(кг·К);

t''_1 - температура води на вході до теплообмінника, °С;

t''_2 - температура води на виході з теплообмінника, °С.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Відносна похибка визначення теплового потоку, що отримується холодною водою, $\delta Q_{xв}$, %:

$$\delta Q_{xв} = \sqrt{\delta(\Delta t_{xв})^2 + \delta C p_{xв}^2 + \delta G_{xв}^2},$$

де $\delta(\Delta t_{xв})$ - відносна похибка визначення різниці температур холодної води на виході и вході до теплообмінника, %;

$\delta C p_{xв}$ - відносна похибка визначення теплоємності води, %;

$\delta G_{xв}$ - відносна похибка визначення витрати холодної води через теплообмінник, %.

Відносна похибка визначення різниці температур води на виході и вході до теплообмінника, $\delta(\Delta t_{xв})$, %:

$$\delta(\Delta t_{xв}) = \sqrt{\left(\frac{t''_2}{t''_2 - t''_1} \cdot \delta t''_2\right)^2 + \left(\frac{t''_1}{t''_2 - t''_1} \cdot \delta t''_1\right)^2},$$

де $\delta t''_1$ - відносна похибка визначення температури холодної води на вході до теплообмінника, %;

$\delta t''_2$ - відносна похибка визначення температури холодної води на виході з теплообмінника, %.

Тепловий потік, що віддається гарячою водою, $Q_{зв}$, кДж/с:

$$Q_{зв} = G_{зв} \cdot C p_{зв} \cdot (t_1 - t_2),$$

де $G_{зв}$ - витрата гарячої води через теплообмінник, кг/с;

$C p_{зв}$ - теплоємність води (визначається за таблицями властивостей води), кДж/(кг·К);

t_1 - температура води на вході до теплообмінника, °С;

t_2 - температура води на виході з теплообмінника, °С.

Відносна похибка визначення теплового потоку, що віддається гарячою водою, $\delta Q_{зв}$, %:

$$\delta Q_{зв} = \sqrt{\delta(\Delta t_{зв})^2 + \delta C p_{зв}^2 + \delta G_{зв}^2},$$

де $\delta(\Delta t_{зв})$ - відносна похибка визначення різниці температур гарячої води на вході и виході з теплообмінника, %;

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\delta C_{p_{26}}$ - відносна похибка визначення теплоємності води, %;

δG_{26} - відносна похибка визначення витрати гарячої води через теплообмінник, %.

Відносна похибка визначення різниці температур води на виході и вході до теплообмінника, $\delta(\Delta t_{26})$, %:

$$\delta(\Delta t_{26}) = \sqrt{\left(\frac{t_2}{t_1 - t_2} \cdot \delta t_2\right)^2 + \left(\frac{t_1}{t_1 - t_2} \cdot \delta t_1\right)^2},$$

де δt_1 - відносна похибка визначення температури гарячої води на вході до теплообмінника, %;

δt_2 - відносна похибка визначення температури гарячої води на виході з теплообмінника, %.

Відносний небаланс тепла

Небаланс теплових потужностей є істотною характеристикою експерименту, оскільки враховує весь комплекс факторів, що впливають на результати випробувань: технічний стан стенда, втрати теплоносіїв, теплоізоляцію, помилки виміру витрат і температур, похибки визначення теплоємностей продуктів згоряння й повітря.

Відносний небаланс тепла, η , %:

$$\eta = \frac{Q_{26} - Q_{x6}}{Q_{26}} \cdot 100$$

Відносна похибка визначення відносного небалансу тепла:

$$\delta \eta = \frac{1}{\eta} \cdot \sqrt{\delta Q_{x6}^2 + \delta Q_{26}^2}$$

Відносні втрати тиску

Відносні втрати тиску холодної води $\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{x6}$, %:

$$\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{x6} = \frac{\Delta P_{x6}}{P_{x6} + P_{атм}} \cdot 100$$

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\Delta P_{\text{хв}}$ - перепад тиску холодної води на теплообміннику, МПа;

$P_{\text{хв}}$ - надлишковий тиск холодної води на теплообмінником, МПа;

$P_{\text{атм}}$ - атмосферний тиск, МПа.

Відносні втрати тиску гарячої води $\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}}$, %:

$$\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}} = \frac{\Delta P_{\text{гв}}}{P_{\text{гв}} + P_{\text{атм}}} \cdot 100$$

де $\Delta P_{\text{гв}}$ - перепад тиску холодної води на теплообміннику, МПа;

$P_{\text{гв}}$ - надлишковий тиск холодної води на теплообмінником, МПа;

$P_{\text{атм}}$ - атмосферний тиск, МПа.

Абсолютна похибка визначення відносних втрат тиску холодної води:

$$\Delta\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{хв}} = \sqrt{\left(\frac{d}{dP}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{хв}}\right)^2 \cdot (\Delta(P_{\text{хв}}))^2 + \left(\frac{d}{d(\Delta P)}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{хв}}\right)^2 \cdot (\Delta(\Delta P_{\text{хв}}))^2 + \left(\frac{d}{dP_{\text{атм}}}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{хв}}\right)^2 \cdot (\Delta(P_{\text{атм}}))^2}$$

де $\Delta(P_{\text{хв}})$ - абсолютна похибка визначення тиску холодної води перед теплообмінником, МПа;

$\Delta(\Delta P_{\text{хв}})$ - абсолютна похибка визначення перепаду тиску холодної води на теплообміннику, МПа;

$\Delta(P_{\text{атм}})$ - абсолютна похибка визначення атмосферного тиску, МПа.

Абсолютна похибка визначення відносних втрат тиску гарячої води:

$$\Delta\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}} = \sqrt{\left(\frac{d}{dP}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}}\right)^2 \cdot (\Delta(P_{\text{гв}}))^2 + \left(\frac{d}{d(\Delta P)}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}}\right)^2 \cdot (\Delta(\Delta P_{\text{гв}}))^2 + \left(\frac{d}{dP_{\text{атм}}}\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\text{гв}}\right)^2 \cdot (\Delta(P_{\text{атм}}))^2}$$

де $\Delta(P_{\text{гв}})$ - абсолютна похибка визначення тиску гарячої води перед теплообмінником, МПа;

$\Delta(\Delta P_{\text{гв}})$ - абсолютна похибка визначення перепаду тиску гарячої води на теплообміннику, МПа;

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\Delta(P_{\text{атм}})$ - абсолютна похибка визначення атмосферного тиску, МПа.

Максимальний тепловий потік

Максимальний тепловий потік, що можна передати у теплообміннику при нескінченно великій площі поверхні теплообміну визначається як, Q_{max} , кДж/с:

$$Q_{\text{max}} = (G \cdot Cp)_{\text{min}} \cdot (t_1 - t''_1),$$

де $(G \cdot Cp)_{\text{min}}$ – мінімальний водяний еквівалент, найменший з двох величин $(G_{\text{гв}} Cp_{\text{гв}})$ та $(G_{\text{хв}} Cp_{\text{хв}})$

Відносна похибка визначення максимального теплового потоку, %:

$$\delta Q_{\text{max}} = \sqrt{\delta(\Delta t)^2 + \delta Cp^2 + \delta G^2},$$

де $\delta(\Delta t)$ - відносна похибка визначення різниці температур гарячої і холодної води на вході до теплообмінника, %;

$\delta Cp_{\text{гв}}$ - відносна похибка визначення теплоємності води з мінімальним водяним еквівалентом, %;

$\delta G_{\text{гв}}$ - відносна похибка визначення витрати води з мінімальним водяним еквівалентом, %.

Відносна похибка визначення різниці температур гарячої і холодної води на вході до теплообмінника, $\delta(\Delta t)$, %:

$$\delta(\Delta t) = \sqrt{\left(\frac{t''_1}{t_1 - t''_1} \cdot \delta t''_1 \right)^2 + \left(\frac{t_1}{t_1 - t''_1} \cdot \delta t_1 \right)^2},$$

де δt_1 - відносна похибка визначення температури гарячої води вході до теплообмінника, %;

$\delta t''_1$ - відносна похибка визначення температури холодної води на вході до теплообмінника, %.

Ефективність теплообмінника

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт корисної дії ε (по ДСТУ EN 305) або ефективність теплообмінника визначається як відношення дійсно переданої кількості теплоти до максимально можливої.

$$\varepsilon = Q_{\text{xb}} / Q_{\text{max}}$$

Відносна похибка визначення ефективності теплообмінника:

$$\delta\varepsilon = \sqrt{(\delta Q_{\text{xb}})^2 + (\delta Q_{\text{max}})^2}$$

Висновки за розділом

У дослідницькому розділі приведені загальні відомості про теплообмінні апарати. Теплообмінні апарати призначені для передавання теплової енергії між теплоносіями і використовуються на тепловому вузлі для підігріву теплоносія систем опалення та гарячого водопостачання. Пластинчасті розбірні теплообмінні апарати є найбільш доцільними, оскільки дозволяють підбирати площу поверхні теплообміну додаванням або зняттям пластин, а також мають малі масо-габаритні показники та низькі втрати тиску.

Поверхня теплообміну зібрана з паралельно розташованих штампованих пластин з тисненням певної конфігурації, що забезпечує високу компактність, низьку металоємність та підвищену інтенсивність теплообміну.

Розглянуто нерозбірні та розбірні пластинчасті теплообмінники. Розбірні частіше застосовуються в системах ГВП, оскільки дозволяють швидко розбирання та доступ до всієї поверхні теплообміну для очищення. Нерозбірні більш міцні, мають меншу вагу і розміри, та є економічно вигіднішими для більшості випадків застосування. Загальноприйнятим підходом є застосування розбірних конструкцій при неякісному теплоносії.

Необхідна теплова потужність регулюється додаванням пластин. Конструктивна можливість забезпечує реалізацію прямооточної, протитечної, однокерової або двохерової схеми.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Експериментальне дослідження:

Мета: Експериментальне визначення тепло-гідравлічних характеристик (ефективності та гідравлічних опорів) пластинчастого водо-водяного теплообмінника та порівняння їх з розрахунковими даними.

Метод: Стендові тепло-гідравлічні випробування. Критеріями оцінки (функціями відгуку) прийнято ефективність теплообмінника (ϵ), відносні втрати тиску гарячої ($P_g, \%$) та холодної ($P_x, \%$) води.

Експериментальний стенд: До складу стенду входить теплообмінник, насоси, ємності з підігрівачами, датчики тиску і температури, витратомірні шайби, а також система автоматичного контролю параметрами і керування (САКК).

Обробка результатів: Включає виключення несталих режимів та грубих погрішностей (промахів), статистичну обробку паралельних досліджень (визначення математичного очікування та дисперсії), визначення похибок прямих і непрямих замірів. Для виявлення грубих помилок використовується метод Грубса, а для перевірки однорідності дисперсій — критерій Кохрена.

Обробка непрямих вимірів: Наведено формули для розрахунку абсолютного тиску, теплового потоку, що отримується холодною водою ($Q_{хв}$) та віддається гарячою водою ($Q_{гв}$), відносного небалансу тепла, відносних втрат тиску холодної ($P_{хв}', \%$) та гарячої ($P_{гв}', \%$) води, максимального теплового потоку ($Q_{мах}$) та ефективності теплообмінника (ϵ), а також формули для визначення відповідних відносних та абсолютних похибок.

					ВКР.144.6241м.02.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструкторський розділ		
Студент		Величко А.Л.					
Керівник		Соломонюк НС					
Консульт.							
					НУК		

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Розробка пластинчастого теплообмінника

5.1. Опис конструкції та основних елементів пластинчастого теплообмінника

Основним елементом пластинчастого теплообмінника (водопідігрівача) є пакет пластин. Пакет складається із профільованих пластин з ущільненнями. Кількість пластин, їх компоновка, форма та розмір визначаються вимогами до їх термостійкості. В залежності від області застосування теплообмінника, пластини можуть бути виконані з хромонікелевих сталей, титану та інших матеріалів. По периметру пластин випресовані канавки під ущільнення. Ущільнення призначені для розділу каналів теплообміну та запобігання зовнішніх витоків теплоносія. Ущільнення виконуються з нітрилової, етиленпропіленової, силіконової резини та інших спеціальних матеріалів. Вибір матеріалу залежить, головним чином, від його сумісності з теплоносієм, а також від робочих параметрів (температури, тиску).

Поверхня нагріву утворюється із паралельно розташованих пластин. По каналах проміж пластинами направляються потоки теплоносіїв гарячої та холодної сторін.

Пакет пластин встановлюється на спеціальній рамі за допомогою двох плит – нерухомої та притискної (рухомої), прямої рейки та стягуючих шпильок. Стискання пакету виконується затяжною гайкою на шпильках. На прямій рейці зроблені насічки, що вказують мінімальний та максимальний розміри стискання пакету. З'єднувальні патрубки або фланці встановлюються на нерухомій та іноді й на притискній плиті.

Основною деталлю розбірного пластинчастого теплообмінника є гофрована штампована пластина. В каналах, складених з пластин, є точки опори, що дозволяють витримувати різницю тиску по обидві сторони пластин, а також підвищення внутрішнього тиску в каналах.

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Пакет складає група пластин, утворюючих систему каналів, в яких робоче середовище рухається тільки в одному напрямку. Один чи декілька пакетів, стиснутих між нерухомою та рухомою плитами називають секцією. Пластини розташовують в пакеті одну відносно другої під кутом 180° , при чому усі гумові прокладки звернуті в сторону рухомої плити. В кожній пластині під кутом є чотири отвори для проходу робочого середовища.

Кожна пластина омивається двома середовищами: з одної сторони – що охолоджується, а з іншої – що нагрівається, в результаті чого між середовищами відбувається теплообмін середовища, протікаючи поперек гофрів турбулізуються, що призводить до підвищення теплообміну. Проміжні та кінцеві пластини можуть мати один, два чи три отвори, кількість яких визначаються відповідно за схемою компоновки пластин в теплообміннику.

Теплопередаючі пластини розбірних теплообмінників мають по контуру паз, в якому закріплено щільні прокладки з гуми спеціальних теплостійких марок. Пластини встановлюються на рамі теплообмінника, яка складається з несучих штанг, рухомих та нерухомих плит з затискним обладнанням. Нерухома плита закріплена до підлоги, рухома – на скобі закріплена до верхньої штанги та може рухатись по ній. На плитах є штуцери для приєднання трубопроводів. На нерухомій плиті штуцери можна зняти, їх можна встановлювати у верхньому та нижньому положенні. При однопакетній компоновці пластин допускається установка всіх чотирьох штуцерів на нерухомій плиті. На теплообміннику може бути більш чотирьох штуцерів, наприклад, при необхідності відводу незконденсованих газів, зливу продуктів та інше.

Робоче середовище через вхідний штуцер поступає в подовжений колектор, утворює з кутовими отворами та прокладками стиснутих в пакет пластин, та рухається по ньому до пластини з непросіченим кутовим отвором. З колектору робоче середовище проходить в міжпластинчасті канали через ділянки, на яких відсутні щільні прокладки. Ці ділянки в кожному колекторі розташовані через одну пластину, внаслідок чого утворюється система гарячих та холодних каналів.

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Проходячи міжпластинчасті канали робоче середовище (рідина) накопичується в протилежному колекторі.

При заданому обсягу рідини, яка проходить через апарат, можна становити швидкість руху її по міжпластинчастим каналам. Оптимальна швидкість досягається за рахунок зменшення (чи збільшення) числа каналів в пакеті. Приємними умовами для підвищення надійності є такі показники: відсутність течії, вібрації, спроможність утримувати гідравлічні удари, навантаження, відсутність аварійних ситуацій.

Всім цим умовам краще відповідають пластинчасті теплообмінники. Спеціальні щільні суцільнолиті без стиків прокладки дозволяють уникати течії, а також мають кращий опір гідравлічним ударам та навантаженням.

Спеціальна система центрування (по п'яти точкам) дозволяє уникнути невірної постановки пластин по вертикалі та горизонталі, що теж зменшує течію. Контакт металу з металом між пластинами приводить до зниження вібрації та головне те, що при обслуговуванні пластинчатих теплообмінників не виникає необхідність постійного огляду теплообмінника. Ці огляди постійно проводять при використанні кожухотрубних теплообмінників для попередження розвальцьовування трубних дощок. Конструктивні особливості пластинчатих теплообмінників більш прості в обслуговуванні та ремонті.

Головна відмінність пластинчатих теплообмінників від кожухотрубних в тому, що пластинчасті теплообмінники є розбірною конструкцією та характеризуються наступними особливостями: пластини, які утворюють канали, можуть бути захищені на 100 %; продуктивність пластинчатого теплообмінника може бути збільшена або зменшена по потребі. Пластини легко додаються або виймаються; пластинчасті теплообмінники можуть бути доставлені по частинам та зібрані на місці; спеціальна система центрування пластин дозволяє скоротити час при заміні пластин та планових ремонтних роботах.

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5.2. Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінного апарата

Вихідні дані для розрахунку:

$Q_{оп} = 0,1$ Гкал/год – теплове навантаження;

$c = 4,187$ кДж/(кг·°C) – теплоємність води;

$t_1 = 120$ °C – температура води на вході до гарячої сторони теплообмінника;

$t_2 = 80$ °C – температура води на виході з гарячої сторони теплообмінника;

$t''_1 = 60$ °C – температура води на вході до холодної сторони теплообмінника;

$t''_2 = 85$ °C – температура води на виході з холодної сторони теплообмінника;

Масова втрата теплоносія розраховується за формулою:

$$G_{нагр.} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 1,163 \cdot Q_{оп}}{c \cdot (t_1 - t_2)}, \text{ кг/год, тоді:}$$

Масова витрата по гарячій стороні:

$$G_{нагр.} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 1,163 \cdot 0,1}{4,187 \cdot (120 - 80)} = 2500 \text{ кг/год,}$$

Тоді при щільності води $\rho = 990$ кг/м³ об'ємна витрата $V_{оп}$ дорівнює 2,53 м³/год,

Масова витрата по холодній стороні:

$$G_{нагр.} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 1,163 \cdot 0,1}{4,187 \cdot (85 - 60)} = 4000 \text{ кг/год,}$$

Тоді при щільності води $\rho = 995$ кг/м³ об'ємна витрата $V_{оп}$ дорівнює 4,02 м³/год.

Приймаючи оптимальну швидкість течії теплоносія між пластинами приблизно 1 м/с, розрахуємо площу перерізу каналів по гарячій та холодній сторонам:

$$f_{1,2} = \frac{G_{1,2}}{3600 w_p} = \text{м}^2,$$

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тоді площа перерізу каналу холодної сторони

$$f_1 = \frac{2500}{3600 \cdot 1 \cdot 990} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площа перерізу каналу гарячої сторони:

$$f_{гр} = \frac{4000}{3600 \cdot 1 \cdot 995} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Розрахунок оптимальних характеристик теплообмінника та підбір кількості пластин у пакеті проведемо за наступною методикою, а результати представимо в таблиці 5.1.

Дійсна швидкість течії теплоносія у каналах теплообмінника:

$$w_6 = \frac{G_{1,2}}{3600 \cdot f_{1,2} \cdot \rho}, \text{ м/с},$$

де $G_{1,2}$ – масова витрата теплоносія, кг/год;

$f_{1,2}$ – дійсна площа перерізу каналу відповідної сторони апарату, м^2 ;

ρ – густина теплоносія, кг/м^3 .

Критеріальне рівняння для турбулентного руху теплоносія у каналах пластинчастого теплообмінного апарату має такий вигляд:

$$Nu = 0,135 Re^{0,73} Pr^{0,43}.$$

Враховуючи, що критерії визначаються, як

$$Nu = \frac{\alpha}{\delta \cdot \lambda}, \quad Re = \frac{w \cdot \delta}{\nu}, \quad Pr = \frac{\nu}{a}$$

та розв'язуючи попереднє рівняння відносно цих залежностей, отримаємо:

$$\alpha = 0,023 \frac{\lambda}{a^{0,4} \cdot \nu^{0,4}} \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}},$$

де w – швидкість течії, м/с ;

α – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією;

δ - еквівалентний прохід каналу між пластинами, м .

Приймаючи до уваги, що

$$0,023 \frac{\lambda}{a^{0,4} \cdot \nu^{0,4}} \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}} = 1430 + 23,3 \cdot t_{сер} - 0,048 \cdot t_{сер}^2,$$

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\text{де } t_{\text{сер}} = t_1 - t_2$$

можна коефіцієнт тепловіддачі конвекцією визначити як:

$$\alpha = (1430 + 23,3 \cdot t_{\text{сер}} - 0,048 \cdot t_{\text{сер}}^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}}$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія гарячої сторони до пластини буде рівним:

$$\alpha_1 = (1430 + 23,3 \cdot (t_1^1 - t_2^1) - 0,048 \cdot (t_1^1 - t_2^1)^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від пластини до теплоносія холодної сторони:

$$\alpha_2 = (1430 + 23,3 \cdot (t_1^1 - t_2^1) - 0,048 \cdot (t_1^1 - t_2^1)^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}}$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінного апарату визначається із формули:

$$k = \frac{\mu}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ ккал/м}^2\text{°C},$$

де $\mu = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує термічний опір шару накипу (термічним опором металевої стінки завтовшки 1 мм нехтуємо).

Середня різниця температур теплоносіїв гарячої та холодної сторін теплообмінника визначається з формули:

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \text{ °C},$$

де Δt_{δ} – більша різниця температур по гарячій та холодній сторонам;

$\Delta t_{\text{м}}$ – менша різниця температур.

Необхідна площі поверхні нагріву

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\text{сер}}}, \text{ м}^2$$

					ВКР.144.6241м.02.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Необхідна кількість пластин

$$n = \frac{F}{f_{nl}}$$

Таблиця 5.1

**Результати розрахунку оптимальних характеристик теплообмінника
та підбір кількості пластин у пакеті**

Величина	Одиниці виміру	Гаряча сторона	Холодна сторона
Вхідна температура	°C	120	65
Вихідна температура	°C	80	85
Витрата	л/с	0,7	1,11
Витрати напору	кПа	1	4
Швидкість	м/с	0,7	2,1
Об'єм води	І	30,0	31,0
Теплоємність	кДж/(кг·К)	4,22	4,21
Густина	кг/м ³	995	990
Динамічна в'язкість	Па·с	0,28	0,36
Теплопровідність	Вт/(м·К)	0,65	0,63
Запас поверхні	%	3,5	3,5
Поверхня теплообміну	м ²	12,5	12,5
Кількість пластин	шт.	44	44

На основі розрахунку вибираємо:

Тип теплообмінника – LSL1-74 Danfoss Code

Категорія – PED – II

Габаритні розміри:

довжина L – 540мм

ширина B – 360мм (max – 2500мм)

висота H – 1218мм

					ВКР.144.6241м.02.06.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Заклучний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Величко А.Л.										
Керівник	Соломонюк НС										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ

У роботі проведена модернізація технологічних систем та систем життєзабезпечення хлібокомбінату продуктивністю 1,2 т/доб з дослідженням пластинчастих теплообмінників.

Для будівлі хлібокомбінату розроблені системи опалення, холодного, гарячого водопостачання та водовідведення, системи припливної і витяжної вентиляції. Обрано залежну горизонтальну систему водяного опалення з примусовою циркуляцією. Проведено гідравлічні розрахунки системи опалення (визначені розрахункові витрати води та необхідні напори), гідравлічні розрахунки систем холодного, гарячого водопостачання та самопливної внутрішньої каналізації. Проведено аеродинамічний розрахунок повітроводів витяжної і припливної систем вентиляції.

Розроблена програма експериментального дослідження пластинчастих теплообмінників з метою експериментального визначення теплових та гідравлічних характеристик пластинчастого водо-водяного теплообмінника (ефективності та гідравлічних опорів), порівняння з розрахунковими даними методом стендового тепло-гідравлічного випробування. Розроблена схема і принцип роботи експериментального стенду, вибрані засоби вимірювальної техніки та методи обробки отриманих даних.

Розроблено конструкцію та основні елементи пластинчастого водяного теплообмінника.

					ВКР.144.6241м.02.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. URL: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf
2. Герасимов Г.Г. Теоретичні основи теплотехніки : навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 382 с.
3. Глушко Ю. Ю., Безплько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С. М., Гусєв П. С. Опалення : навч. посіб. Під ред. Глушко Ю.Ю., 2019. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf>
4. Горобець В. Г. Основи теплотехніки : навч. посіб. Київ: Компрінт, 2019. 403с.
5. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77411.
6. ДБН В.2.5-64-2012 Внутрішній водопровід і каналізація. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848
7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
8. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54057
- а. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037.
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=14283
10. ДСТУ-Н Б В 1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. URL: <https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf>

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

11. Єгназаров А. Г. Мікроклімат приміщень // Ринок інсталяцій. 2002 – №3. с. 36 - 39.
12. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (частина І “Теплові мережі та споруди”) : навч. посіб. Київ: Кондор, 2007, 244 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf
13. Зайцев О. Н., Любарец А. П. Проектування систем водяного опалення. Вена, 2008. 201с.
14. Русланов Г. В., Розкин М. Я., Ямпольский Е. Л. Опалення і вентиляція житлових та громадських будівель : Проектування : Довідник. Київ: Будівельник, 1983. 272с.
15. Сашко В. О., Безпалько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С. М., Глушко Ю.Ю., Пеховка М. В., Черниш В. В. Труби та арматура : навч. посіб. 2019. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/3trubi-ta-armatura.pdf>
16. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С. А. Проектування систем водяного опалення : навч. посіб. Миколаїв, НУК, 2010. 66с.
17. Ткачук А.Я. Експлуатація систем вентиляції // Ринок інсталяцій. 2003. – №7. с. 11 -12.
18. Щекин Р. В., Корневский С. М. Довідник з теплопостачання і вентиляції в громадському будівництві. Держ. вид. літератури з будівництва та архітектури УСРС. Київ. 1970. 850с.

					ВКР.144.6241м.02.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		