

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплогазопостачання та вентиляції

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 192-Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Теплогазопостачання та вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф, д.екон.н

Предун К.М.

„___” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

ФЕДОРЦЯ ІГОРЯ ІВАНОВИЧА

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Теплопостачання промислової будівлі з альтернативним джерелом теплової енергії
затверджена наказом ректора КНУБА №224 від «12» 06 2024 року
2. Керівник роботи: Сенчук М.П., к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 28 листопада 2024 року
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - Р. 1. Опалення промислових будівель
 - Р. 2. Інженерні рішення внутрішнього теплопостачання виробничого цеху
 - Р. 3. Альтернативне джерело теплової енергії
 - Р. 4. Аналіз змінної роботи систем опалення за нестационарного теплового режиму виробничих приміщень
 - Р. 5. Технології та організація монтажу інженерних систем
 - Р. 6. Охорона праці та навколишнього середовища

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 2. Лист 1. Опалення виробничого цеху. План на відмітці 0.00, розріз А-А, Експлікація приміщень. Лист 2. Теплопостачання, план на відмітці 0.00, Розріз Б-Б, Розріз В-В. Лист 3. Опалення, План на відмітці +4.30, Аксонометрична схема системи опалення АПК, Експлікація приміщень. Лист 4. Теплопостачання, План на відмітці +4.30, Аксонометрична схема системи теплопостачання, Змішувальний вузол секції нагріву, Таблиця вузлів змішування, Схема обв'язки калорифера припливної камери. Лист 5. Аксонометрична схема системи опалення цеху № 3, Схема реєстра, Специфікація обладнання систем цеху № 3. Лист 6. Аксонометрична схема внутрішнього теплопостачання відділення та складу пакувальних матеріалів, Технологічна схема котельні.

Р. 3. Лист 7. План котельні, Експлікація приміщень. Лист 8. Розріз Г-Г, Специфікація обладнання, Специфікація арматури та приладів.

Р.4. Лист 9. Аналіз змінної роботи систем опалення за нестационарного теплового режиму виробничих приміщень.

Р. 5. Лист 10. Календарний план графік (послідовний та потоковий) методи. Графік циклограма потокового будівництва. Схема монтажного кріплення тепловентилаторів.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірив | |
|----------|---|-----------|--------|
| | | дата | підпис |
| Розділ 1 | Сенчук М.П., доц. | | |
| Розділ 2 | Сенчук М.П., доц. | | |
| Розділ 3 | Сенчук М.П., доц. | | |
| Розділ 4 | Сенчук М.П., доц. | | |
| Розділ 5 | Сенчук М.П., доц. | | |
| Розділ 6 | Клімова І. В., доц. | | |

7. Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|--|----------------|
| Розділ 1. Опалення промислових будівель | 09.09.2024 |
| Розділ 2. Інженерні рішення внутрішнього теплопостачання виробничого цеху | 23.09.2024 |
| Розділ 3. Альтернативне джерело теплової енергії | 7.10.2024 |
| Розділ 4. Аналіз змінної роботи систем опалення за нестационарного теплового режиму виробничих приміщень | 28.10.2024 |
| Розділ 5. Технології та організація монтажу інженерних систем | 04.11.2024 |
| Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища | 11.11.2024 |
| Кінцеве оформлення роботи | 22.11.2024 |
| Направлення роботи для перевірки на плагіат | 23.11.2024 |
| Попередній захист роботи на випусковій кафедрі | 28.11.2024 |
| Направлення роботи на рецензування | 25.11.2024 |

8. Дата видачі завдання 07.06.2024

Керівник Сенчук М.П.

Здобувач Федорець І.І

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплогазопостачання та вентиляції

(назва випускової кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

на тему:

Теплопостачання промислової будівлі з альтернативним джерелом
теплової енергії

ФЕДОРЕЦЬ ІГОР ІВАНОВИЧ

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2024 р

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології
(факультет)
Теплогазопостачання та вентиляції
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.е.н. проф. Предун К.М.
„___” _____ 20__ року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Теплопостачання промислової будівлі з альтернативним джерелом
теплової енергії
(назва)

*Я як здобувач вищої освіти КНУБА
розумію і підтримую політику
закладу з академічної*

Здобувач Федорець Ігор Іванович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

*добросовісності. Я не надавав(-ла) і не
одержував(-ла) недозволену*

192- Будівництво та цивільна інженерія
(спеціальність)

*допомогу під час підготовки цієї
роботи. Використання ідей,
результатів і текстів інших
авторів мають посилання на
відповідне джерело.*

Теплогазопостачання та вентиляція
(освітня програма)

Група ТВм-23-1
Керівник Сенчук М.П.
(прізвище та ініціали)
К.Т.Н. ДОЦЕНТ
(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р

ЗМІСТ

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| ВСТУП..... | | 7 |
| Розділ 1 | ОПАЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ..... | 8 |
| 1.1 | Загальні положення..... | 9 |
| 1.2 | Системи опалення виробничих приміщень..... | 12 |
| 1.3 | Вимоги до застосування систем опалення. Переваги та недоліки різних систем..... | 22 |
| Розділ 2 | ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ..... | 31 |
| 2.1 | Вихідні дані..... | 33 |
| 2.1.1 | Характеристика об'єкту будівництва..... | 33 |
| 2.1.2 | Розрахункові параметри повітря..... | 33 |
| 2.1.3 | Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожувальних конструкцій..... | 36 |
| 2.2 | Тепловий режим приміщень будівлі..... | 46 |
| 2.2.1 | Розрахунок теплонадходжень в приміщення | 46 |
| 2.2.2 | Розрахунок тепловтрат у приміщеннях | 49 |
| | Розрахунок трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції..... | 51 |
| | Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом..... | 56 |
| | Розрахунок тепловтрат на нагрівання вентиляційного повітря..... | 56 |
| | Витрати теплоти на нагрівання обладнання, матеріалів, виробів тощо..... | 58 |
| 2.2.3 | Тепловий баланс приміщень..... | 58 |
| 2.3 | Проектування внутрішнього теплопостачання виробничих приміщень..... | 66 |
| 2.3.1 | Підбір та розрахунок опалювальних приладів..... | 68 |
| Розділ 3 | АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ..... | 72 |
| 3.1 | Характеристика котельні..... | 73 |
| 3.2 | Підбір котельного обладнання..... | 75 |
| 3.3 | Матеріальний баланс процесу горіння біопалива..... | 84 |
| Розділ 4 | АНАЛІЗ ЗМІННОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ЗА НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ..... | 89 |
| 4.1 | Особливості опалення виробничих приміщень..... | 90 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Кваліфікаційна робота

Аркуш

5

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 4.2 | Аналіз змінного режиму внутрішнього теплопостачання та застосування у виробничих приміщеннях комбінованих систем опалення..... | 92 |
| Розділ 5 | ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ..... | 96 |
| 5.1. | Технології монтажу систем внутрішнього теплопостачання... | 97 |
| 5.2. | Організація виконання будівельно-монтажних робіт..... | 105 |
| Розділ 6 | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... | 108 |
| 6.1 | Аналіз ризиків що виникають під час монтажу систем внутрішнього теплопостачання..... | 110 |
| 6.2 | Профілактичні заходи..... | 122 |
| | Список використаної літератури..... | 127 |
| | Додаток А. Розрахунок тепловтрат приміщень..... | 133 |
| | Додаток Б. Тепловий баланс приміщень..... | 136 |
| | Додаток В. Гідравлічний розрахунок системи опалення..... | 137 |

Вступ

Теплопостачання промислових будівель є важливою складовою енергетичної інфраструктури, що забезпечує комфортні умови праці та ефективність виробничих процесів. Зростання вартості традиційних енергоресурсів, таких як газ і вугілля, а також екологічні вимоги до зменшення викидів газів, змушують підприємства шукати альтернативні джерела теплової енергії. Альтернативні джерела тепла, наприклад біомаса, має великий потенціал для зниження витрат на енергію та покращення екологічної ситуації. У цьому контексті розробка та впровадження систем теплопостачання, що використовують альтернативні джерела енергії, стає актуальним завданням для забезпечення стійкості та конкурентоспроможності підприємств. Тема дипломної роботи полягає у дослідженні та проектуванні системи теплопостачання промислової будівлі з використанням альтернативного джерела теплової енергії.

Теплопостачання є важливим аспектом енергетичного забезпечення будь-якої промислової будівлі, адже від його ефективності залежить не лише комфорт працівників, а й оптимальне функціонування виробничих процесів, що, у свою чергу, впливає на загальну продуктивність і рентабельність підприємства. З огляду на зростання витрат на традиційні енергоресурси та необхідність зменшення шкідливих викидів в атмосферу, в останні роки спостерігається тенденція до впровадження альтернативних джерел теплової енергії в різних сферах економіки, зокрема в промисловості. Враховуючи зазначене, розробка системи теплопостачання промислової будівлі з використанням альтернативних джерел енергії є важливим завданням, яке дозволяє не лише досягти значної економії енергії та зниження витрат на тепло, а й сприяє забезпеченню сталого розвитку підприємства в умовах глобальних екологічних та економічних викликів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

РОЗДІЛ 1
ОПАЛЕННЯ
ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Студент /Федорець І.І./

Консультант /Сенчук М.П./

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

1.1 Загальні положення

Для опалення промислових будівель і споруд застосовують різні види систем опалення з дотриманням нормативних вимог [9]. За основними класифікаційними ознаками розрізняють такі види систем опалення:

- за типом джерела нагрівання теплоносія – газові, електричні, твердопаливні, дизельні, геотермальні, комбіновані і ін.;
- за видом теплоносія – водяні, парові, повітряні, комбіновані;
- за видом опалювальних приладів – радіаторні, конвективні, променеві, конвективно-променеві, плінтусні, тепла підлога;
- за способом циркуляції теплоносія – природні, штучні;
- за радіусом дії – місцеві, центральні;
- за режимом роботи – постійні, періодичні;
- за гідравлічним режимом – з постійним режимом, зі змінним режимом.

До основних показників, які впливають на вибір ефективної системи опалення віднести: екологічність, надійність, безпечність, економічність, капітальні витрати на монтаж та експлуатаційні витрати тощо (рис. 1.1). Вид системи вибирають залежно від функціонального призначення і категорії опалюваних приміщень, характеру технологічного процесу, наявності чи відсутності виділення горючого або негорючого пилу та аерозолів, а також ядовитих речовин, виду джерела теплової енергії.



Рис. 1.1 Основні показники, які впливають на вибір ефективної системи опалення

Внутрішнє теплопостачання промислових будівель повинно забезпечувати ефективне використання теплової енергії для створення оптимальних умов функціонування виробничих процесів, комфортних умов праці, а також дотримання санітарних норм і стандартів.

Промислове опалення цехів, складів та підприємств має ряд особливостей, що характеризуються такими параметрами:

- *Розробка індивідуальних проєктів.* Часто промислове опалення проєктується під конкретний об'єкт, з урахуванням безлічі нюансів, які просто не можуть бути однаковими для різних заводів або складських приміщень. Обладнання, яке використовують для монтажу промислового опалення, відрізняється великою потужністю, а довжина труб для теплоносія у разі перевищує аналогічні конструкції для обігрівання житлового фонду.

- *Дотримання великої кількості технічних параметрів.* Наприклад, створення зон з особливим кліматом чи навпаки, рівномірний розподіл тепла. Урахування розташування технологічного обладнання всередині самих цехів – наприклад, у яких приміщеннях будуть працювати тільки виробничі лінії, а в яких потрібна постійна присутність обслуговуючого персоналу. Урахування теплонадходження від технологічного обладнання, робочого персоналу, розташування будівлі, ступені її теплоізоляції. Необхідного розподілу теплової енергії, особливо в будівлях з великою площею або висотою приміщень, що нерідко є характерним для промислових об'єктів.

- *Використання спеціального обладнання.* На підприємствах і на складах є приміщення з високою вологістю або місця зберігання вибухонебезпечних і легкозаймистих речовин, від яких елементи системи опалення, що нагріваються теплоносієм, слід розташовувати на безпечній відстані.

▪ *Автоматизація процесів роботи.* Сюди відносяться системи контролю над роботою котельної установки, віддалене регулювання температури та багато іншого. Також досить часто необхідно передбачити можливість автономної роботи частини опалювального контуру. Наприклад, виникає необхідність вимкнення опалення в окремому приміщенні на певний період часу – у зв'язку з ремонтом, переобладнанням або банальним простоем у роботі. Цей момент має бути передбачено ще на етапі проектування.

▪ *Енергозбереження.* При формуванні та комплектації будь-якого опалювального обладнання саме цей фактор відіграє важливу роль. А при комплектуванні обладнання для підприємств може стати вирішальним. Для цього використовують різні системи опалення, такі як радіаторні, повітряні або комбіновані системи. Також застосовують регулятори, що автоматично підтримують необхідний температурний режим.

Детальний аналіз опалення (внутрішнього теплопостачання) промислових будівель вимагає розгляду специфічних параметрів, що впливають на тепловий баланс у виробничих приміщеннях, таких як тип виробництва, кількість працюючого обладнання, його теплова потужність, параметри кліматичних умов та конструктивні особливості будівлі. Промислові будівлі зазвичай мають високу тепловіддачу та значні втрати тепла через великі об'єми, висоту стель і наявність великих воріт чи ворітних рам для транспортних засобів, тому розрахунок теплопостачання має враховувати теплоізоляційні характеристики матеріалів, що використовуються для огорожувальних конструкцій: стін, даху та підлоги. Важливим аспектом є вибір типу опалювальної системи, яка має забезпечити температурний режим та швидко адаптуватися до зміни зовнішніх температур або режимів виробництва.

Найпоширенішими типами систем для промислових об'єктів є водяні радіаторні, повітряні та променеві з інфрачервоними обігрівачами.

Повітряні системи обігріву, наприклад, забезпечують швидкий обігрів великих приміщень та можуть поєднуватися з вентиляційними системами для забезпечення свіжого повітря, а інфрачервоні системи ефективно обігрівають певні зони приміщення, не впливаючи на загальну температуру повітря, що може бути ефективним рішенням для локального обігріву робочих зон.

Особливу увагу приділяють системам автоматичного регулювання, які контролюють витрати енергії та дозволяють коригувати температуру відповідно до потреб технологічного процесу. Крім того, враховуються теплові надходження від самого виробництва – деяке обладнання під час роботи виділяє тепло, яке можна використовувати для підтримки комфортної температури в приміщенні. Часто вдаються до рекупераційних систем, які повертають частину тепла від вентиляції або технологічного процесу назад у систему опалення [11].

Для забезпечення стабільного теплопостачання розглядаються альтернативні джерела енергії, такі як теплові насоси, геліосистеми та теплові акумулятори, що дозволяє зменшити залежність від традиційних видів палива та знизити витрати на енергоспоживання.

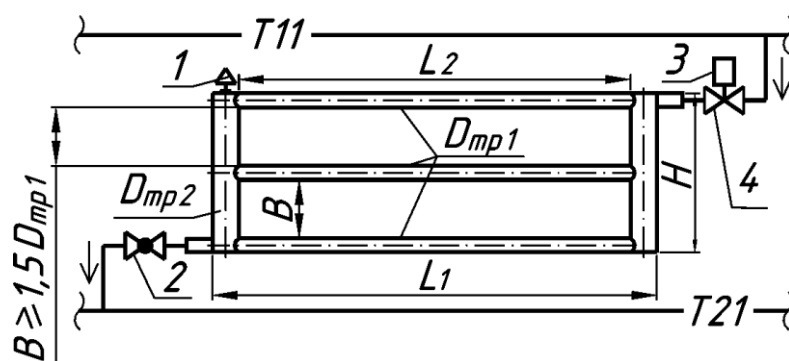
1.2. Системи опалення виробничих приміщень

Водяне опалення – найпоширеніша система, де теплоносієм виступає гаряча вода, яка циркулює трубами і передає тепло через радіатори чи підлогу. Водяне опалення промислового об'єкта – це система, що використовує воду як теплоносій для обігріву великих приміщень і забезпечення стабільної температури на виробничих площах [1,5].

Головними елементами є котел, трубопроводи, радіатори або конвектори, циркуляційний насос і системи управління.

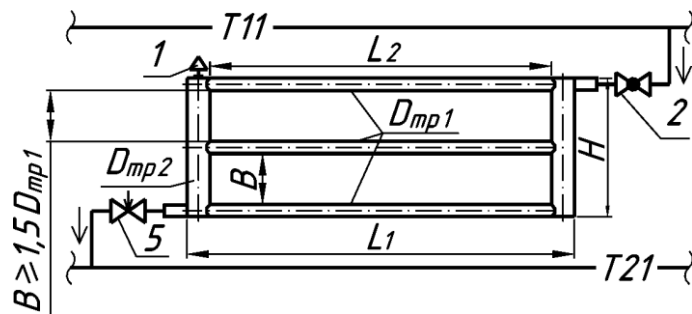
Котел виконує нагрівання води до необхідної температури, він може працювати на газі, твердому паливі або електроенергії, залежно від економічної доцільності та технічних вимог. Нагріта вода за допомогою циркуляційного насоса подається по трубопроводах у всі частини приміщення. Насос забезпечує рівномірну подачу води, підтримуючи стабільну температуру у віддалених частинах об'єкта. Вода циркулює через радіатори або теплові обмінники, розміщені по всьому приміщенню, вони передають тепло від води в повітря, забезпечуючи обігрів простору. Після цього охолоджена вода повертається в котел для повторного нагріву. Теплообмінники можуть бути різних типів: пластинчасті, трубчасті або ребристі, їх вибір залежить від площі приміщення, вимог до температурного режиму і рівня тепловіддачі. Система включає автоматичні регулятори температури, які дозволяють точно налаштувати рівень тепла відповідно до виробничих умов, а також забезпечувати економію енергії. Така система ефективна і надійна, оскільки дозволяє підтримувати оптимальні умови для роботи обладнання та комфорт для співробітників, має тривалий термін служби, а також піддається легко модифікації або розширенню при зміні планування чи обсягів виробничої площі.

Для виробничих приміщень промислових цехів поширене застосування в якості опалювальних приладів - регістрів із гладких сталевих труб (рис. 1.2)



a

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |



б

Рис. 1.2 Принципова схема опалювального приладу з гладких труб (регістра): а – для основної системи опалення (у тому числі, зі зниженням параметрів теплоносія у неробочий час); б – для чергової або фоновій системи опалення:

1 – клапан повітропускний; 2 – кран кульовий (експлуатується зі знятим маховиком); 3 – головка термостатична із захистом від несанкціонованого демонтажу та із заблокованою настройкою температури; 4 – клапан термостатичний з попереднім налаштуванням; 5 – клапан балансувальний

Повітряне опалення – тут теплоносієм виступає нагріте повітря, яке подається в приміщення через спеціальні канали. Повітряне опалення промислового об'єкта використовує нагріте повітря для обігрівання великих приміщень та виробничих зон, забезпечуючи ефективний і швидкий розподіл тепла. Основними компонентами системи є повітряні нагрівачі (теплогенератори або газові пальники), система повітроводів, вентилятори, фільтри і система автоматичного контролю. Нагрівачі підвищують температуру повітря, яке далі надходить у повітроводи, розташовані по всьому об'єкту. Вентилятори забезпечують потужний потік повітря, що швидко заповнює великі приміщення, обігрівуючи робочі зони, виробничі лінії та складські приміщення. Повітроводи можуть мати отвори або дифузори, які рівномірно розподіляють тепле повітря по всій площі. Фільтри очищують повітря від пилу та забруднень, що особливо важливо на промислових об'єктах, де можуть виникати різні виробничі забруднення [7,8].

Система автоматичного контролю дозволяє регулювати температуру і швидкість подачі повітря відповідно до умов роботи, що забезпечує оптимальний мікроклімат для персоналу та техніки.

На рис. 1.3 наведено повітро-опалювальний тепловентилятор для опалення, який створює повітряний потік теплого повітря за допомогою вбудованого вентилятора та нагрівального елемента - теплообмінника. Тепловентилятор використовує повітря всередині приміщення, примусово пропускаючи його через конструкцію, повітряні маси нагріваються при дії теплообмінника до необхідної температури та під тиском спрямовано вкидаються в цільову зону. Це дуже ефективний метод швидко досягти оптимальних кліматичних показників у певній локації

Тепловентилятори промислового типу мають певну універсальність, яка проявляється в тому, що при відключеному нагрівальному елементі, вони цілком годяться як система охолодження, кондиціонування та вентиляції в приміщенні. Потужності вбудованого вентилятора вистачає, щоб забезпечити оптимальні кліматичні показники у будь-яку пору року. Отже, актуальність покупки тепловентилятора не втрачається залежно від діапазону температур зовні будівлі.

За типом кріплення буває переносний (підлоговий), стельовий, настінно-стельовий, настінний тепловентилятор. Більшість агрегатів повітряного опалення монтуються стаціонарно, характеризуються великими габаритними розмірами, але це не виключає можливості їх безпроблемно переміщувати за необхідності (демонтуючи їх). Хоча теплові гармати і мають більшу мобільність, але рівень продуктивності в порівнянні значно менше. Тому для обігрівання великих за розміром об'єктів краще використовувати настінний тепловентилятор або стельовий тепловий вентилятор.



Рис 1.3 Настінний тепловентилятор

Також до повітряного опалення відносять газові повітрянагрівачі внутрішнього або зовнішнього типу. Центральні газові повітрянагрівачі для призначені для опалення промислових приміщень та цехів великих об'ємів. Газові повітрянагрівачі різні за потужністю від 68 до 1058 кВт. Об'єм повітря що нагрівається від 5500 до 72000 м³/год. Димові гази відокремлені від повітря що нагрівається та мають окремий димохід. Газові повітрянагрівачі можна підключити до повітропроводів або використовувати для прямої подачі теплого повітря в приміщення. Для таких повітрянагрівачі можна застосовувати різні типи пальників: одноступеневі, двоступеневі, з плавним налаштуванням потужності. Паливом може бути природний скраплений газ, а також рідке паливо.



Рис 1.4 Газовий повітрянагрівач

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Променеве опалення з використанням інфрачервоних обігрівачів

Інфрачервоне випромінювання - це електромагнітне випромінювання, яке займає спектральну область між червоним кінцем видимого діапазону та короткохвильовим випромінюванням з довжиною хвилі 1-2мм. Інфрачервоний діапазон умовно поділяють на короткохвильовий або “жорстке” випромінювання (0,74-2,5 мкм), середній (2,5-50 мкм) та довгохвильовий або “м'який” (50-2000 мкм). Інфрачервоне випромінювання генерується будь-яким нагрітим тілом, температура якого визначає інтенсивність і спектр випромінюваної електромагнітної енергії. Нагріті тіла, що мають температуру вище 100 °С, є джерелом короткохвильового інфрачервоного випромінювання. Однією з кількісних характеристик випромінювання є інтенсивність теплового опромінення, яку можна визначити як енергію, що випромінюється з одиниці площі в одиницю часу (ккал/(м² · год) або Вт/м²).

У якості інфрачервоних обігрівачів застосовують водяні (парові), електричні, газові. У виробничих приміщень застосовують системи променевого опалення з “темними” газовими та електричними інфрачервоними випромінювачами з температурою поверхні не вище 250 °С.

Водяні інфрачервоні стельові панелі. Призначені для опалення приміщень шляхом нагрівання поверхні інфрачервоного випромінювання гарячою водою або парою.. Інфрачервоні панелі ефективно застосовувати в приміщеннях з висотою стелі вище 4 метрів, такі як приміщення виробничих підприємств, складські приміщення тощо.



Рис 1.5 Водяний інфрачервоний обігрівач

Система водяного інфрачервоного стельового опалювання забезпечує найбільш комфортний і економічний вид опалення приміщень. Інфрачервоні панелі дозволяють реалізувати як загальну систему опалення, так і зональну з різним мікрокліматом всередині одного приміщення. Інфрачервоне опалення є більш гігієнічним в порівнянні з традиційним повітряним опаленням за допомогою тепловентиляторів, так як відсутня необхідність в організації надмірної циркуляції повітря і внаслідок протягів. Системи опалення на основі інфрачервоних панелей легко монтуються за допомогою поставляються комплектів для підвісу, з'єднуються між собою за допомогою прес-муфт або зварювання. Монтаж у верхній частині приміщення дозволяє більш ефективно використовувати площу приміщення. Перевага в порівнянні з традиційними видами опалення досягається за рахунок практично постійної температури по висоті, тобто необхідна температура повітря в нижній частині приміщення може бути отримана з меншими енерговитратами.

Основою випромінює модуля є профільована алюмінієва панель, в неї запресована сталевая труба, зверху змонтована фольгированная мінеральна ізоляція теплоізоляція. З торців панель закрита алюмінієвими кожухами. За замовчуванням панелі фарбуються порошковою фарбою кольору RAL 9010 (білий), але на замовлення можуть бути пофарбовані в будь-який інший колір. Передбачені також такі опції: HSP LIGHT – підготовка під систему освітлення на базі люмінесцентних або

або світлодіодних світильників, HSP SPORT - оснащення панелей захисною сіткою, що запобігає попаданню м'яча на тильну сторону панелей, HSP COOL - спеціальне виконання панелей для роботи в теплий період року в режимі охолодження. Прохідні інфрачервоні панелі застосовуються спільно з кінцевими панелями для побудови великих рядів панелей, що підключаються один до одного зварними з'єднаннями або обтискними пресфінтингами.

Електричні інфрачервоні обігрівачі

Електричні обігрівачі призначені для швидкого і комфортного обігріву різних приміщень за рахунок довгохвильового складового сонячного спектру. Температура нагріву пластини обігрівача досягає близько 250 °С, при такій температурі майже 90% перетворюється в потік теплових променів довгохвильового (інфрачервоного) спектру, що розходяться конусом з вершиною 90 градусів у тепловипромінюючої пластини (Тена). І лише 10% йде на нагрівання повітря, що омиває обігрівач. Теплові промені нагрівають підлогу і предмети, що знаходяться на ньому, а від них, в свою чергу, нагрівається повітря. Головною перевагою такої системи у порівнянні з іншими типами систем опалення є менша вартість, більш висока енергетична ефективність, економічність і комфорт створених умов праці.

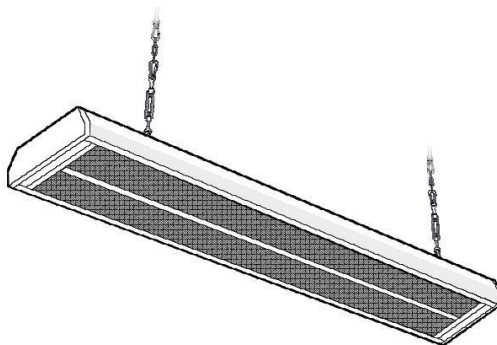


Рис. 1.6 Електричний інфрачервоний обігрівач

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Газовий факел в темних системах інфрачервоного обігріву поширюється всередині труби випромінювача, виготовленого з алюмінію або жароміцної сталі (рис. 1.6). Темні системи променистого обігріву бувають модульними, блоковими або стрічковими. Модульні ефективно застосовуються для організації зонного обігріву - окремих робочих місць. Стрічкові обігрівачі можна збирати в довгі системи, витягуються під стелею в різних конфігураціях, відповідно до вимог обігріву та геометричними характеристиками приміщення. По можливостях компонування темні системи газового інфрачервоного обігріву підрозділяють також на короткі (6-24 м) і довгі (до 350 м). Короткі випромінювачі можуть бути прямими (або лінійними) і U-подібної форми, по числу випромінювачів (прямих) - одинарними і подвійними. Потужність коротких систем зазвичай знаходиться в діапазоні 10-60 кВт, потужність довгих - до 500 кВт. Крім того, існує можливість збирати з блокових інфрачервоних обігрівачів відносно довгі системи різної конфігурації з великим числом пальників, підключених на один димосос.



Рис. 1.7 Інфрачервоний трубчастий газовий обігрівач (ІТГО)

Промисловий тепловий насос — це енергоефективна система, яка може забезпечити обігрів об'єктів великої площі. Їхнє використання дає змогу значно підвищити ефективність опалення будівлі та мінімізувати витрати на створення сприятливих кліматичних умов чи підтримання температури, необхідної технологією виробництва. Розглянемо як працює тепловий насос "повітря-вода". Джерелом тепла такого теплонасосу є навколишнє повітря. Блок теплового насосу, в якому відбирається тепло від зовнішнього повітря, називається випарник. У випарнику рідкий холодоагент (надалі фреон), який має температуру нижче, ніж навколишнє середовище, нагрівається і випаровується, перетворюючись в газ.

Для більш ефективного нагріву фреону в випарнику, в його конструкції передбачена установка вентилятору, що дозволяє більшій кількості зовнішнього повітря проходити через випарник за одиницю часу. Одним з основних блоків теплового насосу прийнято вважати компресор. Це спеціальний агрегат, який за рахунок застосування зовнішньої енергії стискає нагрітий газоподібний фреон. У результаті стиснення фреону в компресорі, він ще більше нагрівається. Також в результаті роботи компресора фреон переміщається по закритому контуру від одного блоку теплового насосу до іншого. Перегрітий газоподібний фреон після компресору надходить в блок - конденсатор, де віддає тепло в існуючу водяну систему опалення, в результаті чого температура фреону зменшується та відбувається його часткова конденсація. Розміри конденсатора та випарника розраховуються заводом-виробником теплового насосу, виходячи з потужності компресору. Для зручності підбору теплових насосів для систем опалення, у кожного виробника представлена ціла лінійка теплових насосів різної потужності.

Охолоджений фреон після конденсатора надходить на розширювальний клапан.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|--------------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | <i>Аркуш</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 21 |

При проходженні через розширювальний клапан фреон остаточно конденсується та відбувається його додаткове охолодження. Далі рідкий холодний фреон надходить у випарник і коло замикається. Для більшої ефективності роботи теплового насосу в кожному блоці відбувається автоматичне регулювання параметрів фреону в залежності від температури зовнішнього повітря та температури теплоносія в системі опалення.



Рис 1.8 Тепловий насос "повітря-вода"

1.3. Вимоги до застосування систем опалення. Переваги та недоліки різних систем.

Системи опалення будівель і споруд повинні відповідати проекту, затвердженому в установленому порядку. Для опалення будівель і споруд фабрик передбачаються системи, прилади та теплоносії, що не утворюють шкідливих речовин. Для тих, хто працює в неопалювальних виробничих і складських приміщеннях, передбачаються приміщення для обігріву .

Відстань від неопалювальних робочих місць, що розташовані в будівлях, до приміщень для обігріву працівників не повинна бути більшою ніж 75 м, а від робочих місць на території підприємства - не більшою ніж 150 м

Залежно від категорій приміщення та виділень в приміщеннях застосовують такі системи опалення, табл 1.1 [9]:

Застосування систем опалення в залежно від категорії приміщень

| | |
|--|---|
| Приміщення | Система опалення (теплопостачання), опалювальні прилади, теплоносій, максимально допустима температура теплоносія або тепловіддавальної поверхні |
| Виробничі та склади: категорій А, Б, В з виділенням горючого пилу та аерозолів | Повітряна (згідно з 4.4.8, 7.1.10). Водяна та парова (згідно з 6.5.1, 6.5.2, 6.5.4) при температурі теплоносія: води – не більше ніж 110 °С у приміщеннях категорій А та Б, не більше ніж 120 °С у приміщеннях категорії В, не більше ніж 130 °С для фонові або чергової системи у приміщеннях категорії В. Електрична (окрім складів категорій А, Б та В) з температурою зовнішньої поверхні електроопалювальних приладів не більше ніж 85 °С у вибухозахищеному виконанні (для категорій А та Б) згідно з ПУЕ. Електрична кабельна згідно з ДБН В.2.5-24. |
| Окремі приміщення та робочі місця у приміщеннях що не опалюються, та у приміщеннях, що опалюються, з температурою повітря нижче за нормовану (окрім приміщень категорій А, Б, В) | Повітряна (згідно з 4.4.8, 7.1.10). Водяна при температурі теплоносія не більше ніж 120 °С. Водяна з нагрівальними елементами, убудованими в огорожувальні конструкції (згідно з 6.6.5, 6.7.19, 6.7.20 і додатком С). Газова згідно з ДБН В.2.5-20, у тому числі з високотемпературними випромінювачами з температурою поверхні до 250 °С (згідно з 4.4.4, 5.8, 6.7.4). Електрична з температурою зовнішньої поверхні електро-опалювальних приладів не більше ніж 85 °С. Електрична з високотемпературними випромінювачами з температурою поверхні до 250 °С (згідно з 4.4.4, 5.8, 6.7.4). Електрична кабельна згідно з ДБН В.2.5-24. |

Проектування системи опалення вимагає врахування теплотехнічних параметрів, енергоефективності, безпеки, екологічності, комфорту, економічної доцільності, відповідності місцевим нормам та стандартам, а також інтеграції з іншими системами. Теплотехнічні вимоги включають теплові розрахунки, вибір потужності системи для підтримки комфортної температури, підбір джерела тепла залежно від кліматичних умов.

Енергоефективність забезпечується якісною ізоляцією труб, автоматизацією процесів і програмованими термостатами. Екологічність передбачає вибір чистого палива, фільтрування відходів. Для комфорту важливо мати регулювання температури, зональне управління, безшумну роботу компонентів. Економічна доцільність включає оптимальний вибір обладнання з урахуванням витрат на обслуговування та амортизацію.

Проектування систем опалення в Україні регулюється низкою будівельних норм і стандартів, які визначають вимоги до енергоефективності, безпеки, надійності та екологічності систем.

Основні такі вимоги, підкріплені відповідними нормативними документами:

1. Теплотехнічні вимоги

- Теплотехнічні розрахунки систем опалення регламентуються ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель", який визначає методи розрахунку теплових втрат, що враховують теплопровідність будівельних матеріалів, конструктивні особливості будівлі та інші фактори.
- Для забезпечення енергоефективності системи опалення враховується ДСТУ Б В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція і кондиціонування. Проектування інженерних систем громадських та житлових будівель", який визначає основні методи розрахунку та вибору обладнання.

2. Енергоефективність

- ДБН В.2.5-67:2013 передбачає, що системи опалення повинні мати енергозберігаючі властивості, включно з ефективною ізоляцією трубопроводів та автоматизацією для контролю споживання енергії в залежності від температури зовнішнього середовища.
- ДСТУ EN 15232-1:2017 "Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, управління та управління будівлями" регламентує вимоги до автоматизованих систем управління, що дозволяє ефективно контролювати температуру в приміщеннях та економити енергію.

3. Безпека

- ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва" встановлює вимоги щодо протипожежної безпеки, захисту від перегріву та встановлення запобіжних клапанів і аварійних систем для автоматичного відключення системи опалення у разі перегріву.

4. Екологічність

- Використання екологічно чистих джерел енергії для зменшення викидів вуглецю визначається ДБН А.2.2-14:2016 "Вимоги до екологічної безпеки в будівництві".
- Системи фільтрації відходів і очищення продуктів згоряння повинні відповідати стандартам ДСТУ ISO 14001:2015 "Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування".

5. Економічна доцільність

- ДСТУ Б А.2.2-10:2010 "Інженерне обладнання будівель та споруд" містить вимоги до вибору і розрахунку вартості обладнання та монтажу, враховуючи загальну амортизацію.

6. Відповідність місцевим нормам і стандартам

- Основні вимоги до систем опалення та монтажу регулюються ДБН В.2.5-67:2013, що визначає обов'язкові параметри для різних типів будівель. У ньому зазначено необхідність застосування ліцензованих матеріалів і сертифікованих фахівців для встановлення.

- Нормативи передбачають, що проєкт і монтаж системи мають проводитись відповідно до стандартів, зокрема ДСТУ EN 12831-1:2021 "Методи проєктування систем опалення з водяними системами", який регулює методологію проєктування опалення для різних типів будівель і умов експлуатації.

Отримання зазначених вимог і нормативів гарантує енергоефективну, безпечну, надійну та комфортну систему опалення, що відповідає діючим стандартам і будівельним нормам.

Переваги та недоліки систем опалення.

Водяне опалення

Принцип роботи: Використання води як теплоносія. Вода нагрівається в котлі та циркулює трубами, передаючи тепло радіаторам або теплій підлозі.

Водяне опалення, де в ролі джерела тепла використовується газовий, твердопаливний або електричний котел, має безліч переваг. Така система індивідуального обігріву і приготування гарячої води особливо вигідна для впровадження в виробничих підприємствах. Вода, що прогрівається котлом до температури 50 – 80 градусів, примусово або природним шляхом циркулює в системі радіаторів або в контурах.

Таке автономне теплопостачання більш економічне, оскільки не потрібен підігрів води до пароподібного стану, немає довгих теплотрас і втрат тепла. Як дотягувачі тепла дозволено використовувати сучасні сталеві або чавунні радіатори, а також радіатори з алюмінієвих сплавів. Розведення виконують мідними, сталевими або пластиковими трубами.

Переваги:

- Водяне опалення з циркуляційними насосами та двухтрубною схемою з'єднання радіаторів рівномірно прогріває всі приміщення.
- Термостати настінні і вбудовані, термоголовки та автоматика сучасного котла точно підтримують потрібну температуру в окремих приміщеннях.
- Безшумна робота систем водяного опалення на відміну від повітряних систем.
- Вода в системі водяного індивідуального опалення циркулює по замкнутому колу, не відкладається осад або забруднення із загальної мережі.

Недоліки:

- Високі поточні витрати на обігрів при роботі з газовим або електричним котлом через високі тарифи.
- Загроза прориву і затоплення через пошкодження системи водяної теплої підлоги, труб або радіаторів.
- Високі вимоги до проектування систем, обслуговування та ремонту газових котлів і твердопаливних котлів, необхідність дозволів від електромереж для установки електрокотла.
- Недовгий термін експлуатації котельного обладнання: до 10-15 років.
- Монтаж проводять тільки кваліфіковані фахівці.

Повітряне опалення:

Принцип роботи: Використання теплого повітря, що подається в приміщення через систему вентиляційних каналів або кондиціонерів. Підігрів повітря може здійснюватися за допомогою газових або електричних нагрівачів.

Переваги повітряної системи опалення: організувати повітророзподільну систему набагато простіше, ніж таку ж для води. По-перше, не потрібно постійно контролювати рівень теплоносія. По-друге, повітря в порівнянні з гарячою водою, що використовується як теплоносій, – середовище значно менш агресивне. Він надає менший тиск на стінки трубопроводів.

Відповідно, повітряна система пред'являє менше вимог до якості повітропроводів, їх герметичності тощо. Повністю виключено ризик протікання внаслідок пошкодження або корозії труб. І навіть якщо витік відбудеться, то не спричинить жодних катастрофічних наслідків, як це може бути у разі прориву водопроводу. Узимку така конструкція не потребує особливого обслуговування. Всі повітряні канали можуть бути прокладені всередині стін і не потрібні опалювальні радіатори. Тобто вони незаймають місце в приміщенні і не псують його вигляд.

Більш того, іноді систему опалення можна поєднати з повітропроводами, обладнаними для кондиціювання повітря. Повітряне опалення підтримує можливість регулювати температуру для кожного приміщення. А оскільки до складу каналної системи опалення входять фільтри та зволожувачі, то в приміщення завжди надходить очищене від пилу та мікробів повітря. Що позитивно позначається на здоров'ї всіх людей, що знаходяться в ньому.

Ще один плюс обрати повітряний обігрів в тому, що воно має (порівняно з водяними системами) малу інерційність. Відсутня проміжна ланка. Відповідно, теплообмін проходить швидше та ефективніше.

Недоліки повітряного опалення:

Так як повітря відрізняється досить низькою теплопровідністю, то охолодження приміщення після припинення роботи відбувається досить швидко. Повноцінна система повітряного опалення залежить від електрики, оскільки рух повітряних потоків забезпечує вентилятор. Відповідно, вона не підходить для місць, де часто трапляються перебої в електропостачанні. Хоча за бажанням цю проблему можна вирішити, встановивши генератор. Незважаючи на всі переваги повітряних систем опалення, все ж водяне опалення на сьогоднішній день має більше переваг: більш ефективне, зручніше, менше витрат палива.

Електричне опалення:

Принцип роботи: здійснюється за допомогою електричних пристроїв, таких як електрорадіатори або інфрачервоні обігрівачі.

Переваги: Не потребує котлів і трубопроводів, зручність у монтажі.

Недоліки: високі витрати електроенергії, підходить для невеликих приміщень або приміщень із якісною теплоізоляцією.

Застосування: в основному для тимчасового обігріву або як додаткове джерело тепла в виробничих цехах або виробничих приміщеннях.

Теплові насоси:

Принцип роботи: Використання теплової енергії з навколишнього середовища (землі, повітря або води) для обігріву приміщень. Система працює на основі теплового насоса, який "перекачує" тепло в приміщення. Теплові насоси «повітря-вода» в порівнянні з іншими тепловими насосами для приміщень великої та середньої площі має такі вагомі переваги:

1) Повністю автоматизована система, яка не потребує рідкого або газоподібного палива, крім підключення до електричної мережі. Тепловий насос працює повністю в автоматичному режимі на відміну, наприклад, від різного роду котлів. Тепловий насос не потребує постачання палива, а відповідно і місця для його зберігання. Практично не вимагають технічного обслуговування. Правильно підібраний, гарно змонтований і налаштований тепловий насос ефективно працює без профілактичного огляду, чищення і проведення технічних робіт, знову ж, якщо порівнювати з котлами, які вимагають регулярного очищення від продуктів горіння.

2) Низька пожежонебезпека. У цьому виді кліматичного обладнання під час роботи на нагрів немає полум'я, яке при неправильному поводженні може стати причиною пожежі або навіть вибуху, у випадках використання, наприклад, природного газу як палива.

3) Економічність в плані витрати електроенергії. Для передачі в систему опалення 1 кВт / год цій сучасній тепловій установці необхідно витратити близько 0,2-0,35 кВт / год електроенергії, що в 4-5 разів менше, ніж при використанні звичайних електричних нагрівачів. У зв'язку з цим підвищується швидкість окупності теплових насосів.

4) Екологічність. Теплові насоси належать до найбільш екологічно чистих кліматичних систем, особливо в режимі обігріву. Вони не виділяють в атмосферу жодних шкідливих викидів, використовують як джерело енергії поновлювані та невичерпні ресурси. Також теплові насоси абсолютно нешкідливі для здоров'я людини.

5) Можливість використання в різних кліматичних умовах і в місцях відсутності централізованого електропостачання.

6) Робота цілий рік. Основне завдання теплового насоса — це, звичайно ж, генерація тепла для системи опалення.

Однак, шляхом оснащення реверсивним клапаном можливо перемикання і в режим охолодження, що дозволяє використовувати його замість кондиціонера або ж у режимі вентиляції.

Недоліки теплових насосів:

Крім переваг, теплові насоси мають деякі недоліки, які варто врахувати: Висока ціна. Вартість перших інвестицій переважно вища, ніж при організації комфорту будь-яким з видів котельного обладнання.

Вимогливість до якості напруги. Для безперебійної та надійної роботи теплових насосів необхідна стабільна якісна напруга без перепадів по величині та частоті змінного струму. Порівняно високий рівень шуму зовнішнього блоку. Рівень шуму при роботі зовнішнього блоку повітряного блоку становить близько 30-40 dB, що перевищує шум від роботи газового, твердопаливного, а також безшумного електрокотла, хоча і не перевищує допустимі межі. Внутрішні блоки при цьому працюють повністю безшумно. Залежність витрати електроенергії від температури повітря на вулиці. Річ у тому, що при зниженні температури повітря на вулиці доведеться збільшити теплову потужність, а відповідно збільшується і витрата електроенергії.

Застосування: Поширені на промислових об'єктах та виробничих цехах з високими вимогами до енергоефективності.

Висновки

Вибір виду системи опалення залежить від функціонального призначення і категорії приміщень, характеру технологічного процесу, наявності чи відсутності виділення горючого або негорючого пилу та аерозолів, а також ядовитих речовин, виду джерела теплової енергії, капітальних затрат на монтаж і експлуатаційні затрати та ін.

РОЗДІЛ 2

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ

Студент /Федорець І.І./

Консультант /Сенчук М.П./

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Вступ

Проектування опалення промислових будівель і споруд виконано згідно з вимогами ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – чинні від 01.01.2014, та інших нормативних документів. [3,9]

При проектуванні водяної системи опалення виробничого цеху прийнято такі вимоги та рекомендації:

1) Підбір огоджувальних конструкцій виконано з урахуванням їх теплової інерції D та величини надлишків тепла у приміщеннях (менше чи більше ніж 23 Вт/м^3).

2) При розрахунку тепловтрат враховано підвищення внутрішньої температури у приміщеннях висотою більше 4 м.

3) Вибір параметрів теплоносія та будови системи опалення виконано залежио від функціонального призначення і категорії приміщень, характеру технологічного процесу тощо.

4) За наявності на підприємстві приміщень з різними температурно-вологісними умовами та відмінними режимами роботи передбачено проектування самостійних віток системи опалення по декільком або окремим приміщенням.

5) Для підтримки мінімально допустимої внутрішньої температури повітря у неробочий час або під час перерв у використанні приміщень запроєктовано чергову систему з використанням основних опалювальних систем шляхом зменшення чи збільшення їх потужності.

6) Теплопостачання калориферів припливних систем вентиляції запроєктовано з урахуванням прийнятої водяної системи опалення виробничої будівлі.

7) Для регулювання роботи різних систем опалення запроєктовано тепловий пункт з автоматичним пристроями, які забезпечують підтримання розрахункової внутрішньої температури,

перехід систем на роботу в робочий чи неробочий час, відключення чергової системи в робочий час у приміщеннях з надлишками тепла, сумісне регулювання системи опалення і вентиляції тощо.

2.1. Вихідні дані

2.1.1 Характеристика об'єкту будівництва:

Місцезнаходження: Київська область

Кліматична зона: I

Географічна широта: 50

Барометричний тиск : 765

Орієнтація зовнішньої стіни входу : Пд

2.1.2 Розрахункові параметри повітря

Кліматичні дані заданого району будівництва визначаємо за [10].

Значення розрахункових параметрів заносимо в табл 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

| Період року | Коефіцієнт забезпеченості, $k_{заб}$ | Розрахункова температура зовнішнього повітря, t_{ext} , °C | Ентальпія зовнішнього повітря, I_{ext} , кДж/кг | Відносна вологість, φ_{ext} , % | Швидкість вітру, v , м/с |
|-------------|--------------------------------------|--|---|---|----------------------------|
| Теплий | 0,99 | 24 | 57,5 | 75 | 1 |
| Холодний | 0,92 | -22 | -18,5 | 75 | 7,7 |

Розрахункові параметри внутрішнього повітря:

При проектуванні систем вентиляції в промислових будівлях розрахункові параметри внутрішнього повітря визначаємо за [9]. Значення розрахункових параметрів заносимо в табл 2.2

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

| Приміщення | Період року | Категорія робіт | Категорія приміщення | Температура внутрішнього повітря, t_{wz} , °C | Відносна вологість, φ , % | Швидкість повітря, v , м/с |
|---|-------------|-----------------|----------------------|---|-----------------------------------|------------------------------|
| Відділення тістомісильне з пекарським залом | хп | Па | Г | 22 °C | 75 | 0,3 |
| Склад тари | хп | Па | В | 16 °C | 75 | 0,3 |
| Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції | хп | Па | В | 18 °C | 75 | 0,3 |
| Кімната комірника | хп | Ia | A | 18 °C | 75 | 0,1 |
| Пакувальне відділення замороженої продукції | хп | III | В | 12 °C | 75 | 0,2 |
| Склад пакувальних матеріалів | хп | Ia | В | 16 °C | 75 | 0,1 |
| Відділення тістооброблявальне лінії виробів з листового тіста | хп | III | Д | 16 °C | 75 | 0,2 |

Таблиця 2.3

Об'ємно-планувальні характеристики будівлі

| Приміщення | Орієнтація | Довжина, м | Ширина, м | Висота, м | Розмір заскленого пройому, м ² | Площа, м ² | Об'єм, м ³ | К-ть робітників |
|--|------------|------------|-----------|-----------|---|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Відділення тістомісильне з пекарським залом | Пн | 84 | | 6,2 | 12.8 (8) | 2262 | 15834 | 20 |
| | Сх | 36 | | | - | | | |
| | Пд | 72 | | | 12.8 (9) | | | |
| | Зх | 36 | | | - | | | |
| Склад тари | Пн | 6 | | 6,2 | - | 67,9 | 475,3 | 7 |
| | Пд | 6 | | | 12.8 (1) | | | |
| Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції | Пн | 15,6 | | 6,2 | - | 199,4 | 1395,8 | 14 |
| | Сх | 12 | | | - | | | |
| | Пд | 15,6 | | | - | | | |
| Кімната комірника | Зх | 4,8 | | 2,5 | - | 8,9 | 62,3 | 2 |
| Пакувальне відділення замороженої продукції | Пн | 24 | | 4 | 7,35 (2) | 572,9 | 4010,3 | 18 |
| Склад пакувальних матеріалів | Пд | 18 | | 6,2 | 12.8 (1) | 183,3 | 1283,1 | 8 |
| Відділення тістооброблюва вальне лінії виробів з листового тіста | Пн | 51 | | 3,7 | - | 292,2 | 2045,4 | 6 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Кваліфікаційна робота

Аркуш

35

2.1.3 Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожувальних конструкцій

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов [9]:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$$

$$\tau_{вmin} > t_{min},$$

де $R_{\Sigma пр}$ - приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій дорівнює опору теплопередачі), $m^2 \cdot K / Bt$; R_{qmin} - мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції, $m^2 \cdot K / Bt$. Значення для житлових та громадських будинків залежно від кліматичної зони; $\Delta t_{пр}$ - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С; $\Delta t_{сг}$ - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С; $\tau_{вmin}$ - мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С; t_{min} - мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

Вологісний режим приміщень в холодний період року прийнято залежно від відносної вологості та температури внутрішнього повітря.

При $t_{вн} < 12^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості $60 \leq \phi \leq 75$ приймаємо нормальний режим експлуатації приміщень. Огороджувальні конструкції підбираємо у відповідності з умовами їх експлуатації, котрі визначаються залежно від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

За вимогами [12] опір теплопередачі огорожувальних конструкцій $R_{заг}$ повинен бути не менше нормативного R_{qmin} . Потрібний опір теплопередачі внутрішніх конструкцій (стін, перегородок, перекриття) між приміщаннями з нормованою температурою повітря слід визначати при різниці розрахункових температур повітря в цих приміщеннях більше 4°C .

1) Зовнішні стіни (ЗС):

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{в}=8,7$ Вт/(m^2K) $\alpha_{з}=23$ Вт/(m^2K)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків: $R_{qmin} = 2,2 \text{ m}^2\text{K/Вт}$

Зовнішні стіни складаються з таких шарів:

1) Сталь: $\rho_{з}= 7800 \text{ кг/м}^3$ $\delta_{з}= 0,0015 \text{ м}$ $\lambda_{з}= 58 \text{ Вт/мК}$ $s_{з}=126,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;

2) Пінополіуретан: $\rho_{п}= 80 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{п}= 0,04 \text{ Вт/мК}$, $s_{п}=0,4 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;

3) Сталь: $\rho_{з}= 7800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_{з}= 0,0015 \text{ м}$, $\lambda_{з}= 58 \text{ Вт/мК}$, $s_{з}=126,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Визначаємо теплову інерцію зовнішньої стіни за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i \cdot s_{ip}}{\lambda_i} = 2 \cdot \frac{0,0015}{58} \cdot 126,5 + \frac{0,085}{0,04} = 0,857 > 1,5 \quad (2.1)$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{ут,min} = \lambda_{ут} \cdot R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_{вн}} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{з}} \right) = 0,04 \cdot (2,2 - \frac{1}{8,7} - (\frac{1}{23} + 2 \cdot \frac{0,0015}{58}) + \frac{0,0015}{58}) = 0,085 \text{ м} \quad (2.2)$$

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0015}{58} + \frac{0,085}{0,04} + \frac{0,0015}{58} + \frac{1}{23} = 2,28 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} > 2,2 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \quad (2.3)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{2,28} = 0,438 \frac{Вт}{m^2 \cdot K} \quad (2.4)$$

2) Безоришне покриття:

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_в=8,7$ Вт/(м²К) $\alpha_3=23$ Вт/(м²К)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків: $R_{qmin} = 2,2$ м²К/Вт

Безоришне покриття складається з таких шарів:

- 1) Сталь : $\rho_3=7800$ кг/м³ $\delta_3=0,0015$ м $\lambda_3=58$ Вт/мК $s_3=126,5$ Вт/м²К;
- 2) Пінополіуретан: $\rho_{п}=80$ кг/м³, $\lambda_{п}=0,04$ Вт/мК, $s_{п}=0,4$ Вт/м²К;
- 3) Сталь: $\rho_{ш}=7800$ кг/м³, $\delta_{ш}=0,0015$ м, $\lambda_{ш}=58$ Вт/мК, $s_{ш}=126,5$ Вт/м²К;
- 4) Рубероїд -4 шари: $\rho_6=360$ кг/м³, $\delta_6=0,012$ м, $\lambda_6=0,17$ Вт/мК, $s_6=3,53$ Вт/м²К;
- 5) Шар гравію в бітумі: $\rho_p=1300$ кг/м³, $\delta_p=0,01$ м, $\lambda_p=0,13$ Вт/мК, $s_p=1,65$ Вт/м²К;

Визначаємо теплову інерцію покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_i = 2 \cdot \frac{0,0015}{58} \cdot 126,5 + \frac{0,080}{0,04} \cdot 0,4 = 0,807 > 1,5 \quad (2.5)$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{yt,min} = \lambda_{yt} \cdot R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_{вн}} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = 0,04 \cdot (2,2 - \frac{1}{8,7} - (\frac{1}{23} \cdot 2 \cdot \frac{0,0015}{58} + \frac{0,012}{0,17} + \frac{0,1}{0,13})) = 0,0758 \text{ м} \quad (2.6)$$

Приймаю товщину утеплювача 80 мм.

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0015}{58} + \frac{0,080}{0,04} + \frac{0,012}{0,17} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{1}{23} = 2,31 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} > 2,2 \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \quad (2.7)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{2,31} = 0,434 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}} \quad (2.8)$$

3) *Внутрішні стіни (ВС):*

Внутрішня стіна (1)

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої стіни $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ $\Delta T_{\text{сг}} = 7,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої стіни для промислового цеху $R_{\text{qmin}} \text{ потр} = 0,164 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$,
Температура $\theta_{\text{int1}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{int2}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Внутрішня стіна (2)

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої стіни $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ $\Delta T_{\text{сг}} = 7,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої стіни для промислового цеху $R_{\text{qmin}} \text{ потр} = 0,066 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$,
Температура $\theta_{\text{int1}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{int2}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Внутрішня стіна (3)

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої стіни $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ $\Delta T_{\text{сг}} = 7,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої стіни для промислового цеху $R_{\text{qmin}} \text{ потр} = 0,099 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$,
Температура $\theta_{\text{int1}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{int2}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$.

Внутрішня стіна (4)

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої стіни $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ $\Delta T_{\text{сг}} = 7,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої стіни для промислового цеху $R_{\text{qmin}} \text{ потр} = 0,099 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$,
Температура $\theta_{\text{int1}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{int2}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Внутрішні стіни складається з таких шарів:

- 1) Сталь: $\rho_{ш}= 7800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_{ш}= 0,0015 \text{ м}$, $\lambda_{ш}= 58 \text{ Вт/мК}$, $s_{ш}=126,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- 2) Пінополіуретан: $\rho_{п}= 80 \text{ кг/м}^3$, $\delta_{п}= 0,06 \text{ м}$, $\lambda_{п}= 0,04 \text{ Вт/мК}$, $s_{п}=0,4 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- 3) Сталь: $\rho_{ш}= 7800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_{ш}= 0,0015 \text{ м}$, $\lambda_{ш}= 58 \text{ Вт/мК}$, $s_{ш}=126,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{0,04} + 2 \cdot \frac{0,0015}{58} + \frac{1}{8,7} = 0,605 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2.9)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,605} = 1,653 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.10)$$

4) Підлога (ПП):

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_в=8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ $\alpha_3=23 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$

Підлога складається з таких шарів:

- 1) Бетон В-15: $\rho_3=1600 \text{ кг/м}^3$ $\delta_3=0,1 \text{ м}$ $\lambda_3=2,04 \text{ Вт/мК}$ $s_3=17,98 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- 2) Бетон В-7.5 : $\rho_3= 1900 \text{ кг/м}^3$ $\delta_3= 0,1 \text{ м}$ $\lambda_3= 0,81 \text{ Вт/мК}$ $s_3=8,69 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- 3) Ущільнений щебнем ґрунт : $\rho_3= 600 \text{ кг/м}^3$ $\delta_3= 0,1 \text{ м}$ $\lambda_3= 0,19 \text{ Вт/мК}$ $s_3=2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- 4) Дошка з сосни: $\rho_3= 510 \text{ кг/м}^3$ $\delta_3= 0,03 \text{ м}$ $\lambda_3= 0,18 \text{ Вт/мК}$ $s_3=4,54 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;

Теплопередачу огорожувальних конструкцій, які контактують з ґрунтом, , зокрема коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги, $U_{equiv,k}$, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, розраховують залежно від характеристичного параметру B' , м [12].

Характеристичний параметр B' визначають як відношення загальної площі першого поверху до половини периметру підлоги, який примикає до ґрунту (див. Рис.1), для будівлі в цілому:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{2292}{0,5 \cdot 159} = 28,8 \quad (2.11)$$

Так, за характеристичним параметром B' коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху визначається за даними наведеними на рис. 2.1:

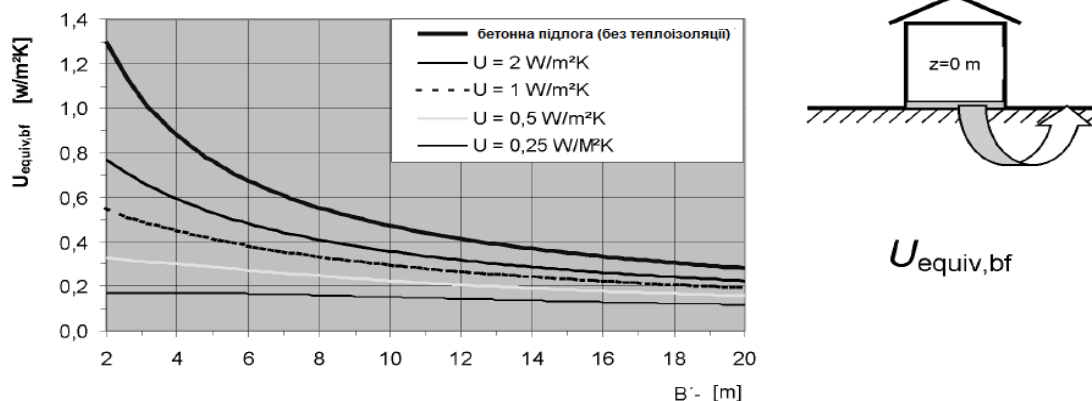


Рис.2.1 Коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху, що розташована на рівні землі

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій U_k , Вт/(м²·К) дорівнює:

$$U_k = 0,23$$

Показники конструкцій зовнішніх і внутрішніх огорожень, що беруться для будівництва, повинні забезпечувати умови експлуатації будівлі відповідно до нормативних вимог по теплосасвоєнню поверхнею підлоги, повітропроникності та вологісному стану зовнішніх огорожувальних конструкцій.

5) Вікна (В):

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{\text{в}}=8,7$ Вт/(м²·К) $\alpha_3=23$ Вт/(м²·К)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків: $R_{\text{qmin}} = 0,45$ м²·К/Вт

Беремо вікна з двокамерними склопакетами 4М1-16-4М1-16-4М1 :

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,47} = 2,128 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.12)$$

б) Ворота:

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції: $\alpha_{\text{в}}=8,7$
Вт/(м²К) $\alpha_3=23$ Вт/(м²К)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків: $R_{\text{qmin}} = 0,6$ м²К/Вт

Ворота складаються з таких матеріалів як:

1) Сталь: $\rho_3= 7800$ кг/м³ $\delta_3= 0,0015$ м $\lambda_3= 58$ Вт/мК $s_3=126,5$ Вт/м²К;

2) Пінополіуретан: $\rho_{\text{п}}= 80$ кг/м³, $\lambda_{\text{п}}= 0,04$ Вт/мК, $s_{\text{п}}=0,4$ Вт/м²К;

3) Сталь: $\rho_3= 7800$ кг/м³, $\delta_3= 0,0020$ м, $\lambda_3= 58$ Вт/мК, $s_3=126,5$ Вт/м²К.

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{\delta_{\text{с}}}{\lambda_{\text{с}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0015}{58} + \frac{0,020}{0,04} + \frac{0,0015}{58} + \frac{1}{23} = 0,658 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2.13)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,658} = 1,519 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.14)$$

Розрахунок огорожувальної конструкції на повітропроникність

За розподілом теплового напору повітря можна розподілити будівлю на дві зони: нижня (зона притоку повітря) і верхню (зона витоку повітря), що розділені нейтральною площиною, де тепловий напір дорівнює нулю.

Мета розрахунку: перевірити непрозорі та світлопрозорі огорожувальні констукції промислової споруди на відповідність умов:

$$R_g \geq R_{g,н},$$

де: R_g – опір повітропроникності огорожувальної конструкції, м²·год·Па/кг; $R_{g,н}$ – необхідний опір повітропроникності, (м² ·год ·Па)/кг.

1. Визначаємо розрахункову суму тисків ΔP , Па, за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{Т,Г}} + \Delta P_{\text{в}}, \quad (2.15)$$

де: $\Delta P_{\text{Т,Г}}$ - термогравітаційний напір, Па; $\Delta P_{\text{в}}$ - вітровий напір, Па;

- Термогравітаційний тиск визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P_{T,\Gamma} &= (H - h_i)(\gamma_3 - \gamma_B) = (11,2 - 3,2)(13,80 - 11,74) \\ &= 16,48 \text{ Па}, \end{aligned} \quad (2.16)$$

де: H – висота будівлі (від рівня підлоги першого поверху до верху карнизу, центру витяжних отворів ліхтаря або виходу витяжної шахти), м;
 h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції i -го поверху, для якої виконується розрахунок, м; γ_3, γ_B – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м³:

$$\gamma_3 = \frac{3463}{273+t_3} = \frac{3463}{273-22} = 13,80 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (2.17)$$

$$\gamma_B = \frac{3463}{273+t_B} = \frac{3463}{273+22} = 11,74 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (2.18)$$

- Вітровий тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P_B = 0,03 \cdot v^2 \cdot \gamma_3 \cdot \beta_v = 0,03 \cdot 3,8^2 \cdot 16,48 \cdot 0,65 = 4,64 \text{ Па},$$

де: v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше; β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі.

Тоді, $\Delta P = 16,48 + 4,64 = 21,12 \text{ Па}$

2. Визначаємо опори повітропроникності $R_{g_n}^{\text{н.к}}$ та $R_{g_n}^{\text{с.к}}$:

- для непрозорих огорожень:

$$R_{g_n}^{\text{н.к}} = \frac{\Delta P}{G_n} = \frac{21,12}{1} = 21,12 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.19)$$

де: G_n – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, для зовнішніх непрозорих конструкцій $G_n = 1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$,

- для світлопрозорих огорожень:

$$R_{g_n}^{\text{с.к}} = \frac{(\Delta P_0)^{\frac{2}{3}}}{G_n} = \frac{(21,12)^{\frac{2}{3}}}{10} = 0,164 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.20)$$

де: G_H – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, для зовнішніх світлопрозорих конструкцій $G_H = 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$ – різниця тисків на поверхнях огороження, за якої визначається масова повітропроникність світлопрозорої конструкції під час випробувань.

3. Визначаємо діючі опори повітропроникності для світлопрозорих огорожень для типу скління 2-III- це подвійне скління у роздільних рамах і ущільненням прокладками $G_{c.k} = 7,69 \text{ кг}/\text{м}^3$ при $\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$:

$$R_g = \frac{\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0}\right)^{2/3}}{G_H} = \frac{\left(\frac{21,12}{10}\right)^{2/3}}{7,69} = 0,214 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.21)$$

$$R_{gH}^{н.к} = 0,164 \leq R_g = 0,214 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.22)$$

Висновок: світлопрозорі частини огорожувальної конструкції задовольняють умовам повітропроникності.

Результати підбору огорожувальних конструкцій

| Найменування огорожуючої конструкції | Опір теплопередачі, R м ² К / Вт, теплова інерція D | | | | Коефіцієнт теплопередачі U_k , Вт/(м ² °С) | Опис конструкцій |
|---|--|----------------------|---------|---------|---|---|
| | R_{qmin} | D_{in} | R_k | D_k | | |
| <u>Зовнішня стіна</u> $q \leq 23$ Вт/м ³ | 2,2 | 1,5 | 2,28 | 0,857 | 0,438 | Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; утеплювач пінополіуретановий густиною 80 кг/м ³ ; Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; |
| <u>Внутрішня стіна (1)</u> | 0,164 | - | - | - | 1,653 | Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; утеплювач пінополіуретановий густиною 80 кг/м ³ , та товщиною 0,080 м. Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; |
| (2) | 0,066 | - | - | - | | |
| (3) | 0,099 | - | - | - | | |
| (4) | 0,099 | - | - | - | | |
| <u>Безгорищне покриття</u> $q \leq 23$ Вт/м ³ | 2,2 | 1,5 | 2,31 | 0,807 | 0,434 | Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; утеплювач пінополіуретановий густиною 80 кг/м ³ ; Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; Рубероїд-4 шари густиною 360 кг/м ³ ; Шар гравію в бітумі густиною 1300 кг/м ³ ; |
| <u>Вікна</u> | 0,45 | - | 0,47 | - | 2,128 | Вікна з склопакетами 4М1-8-4К |
| <u>Ворота</u> | 0,6 | - | 0,658 | - | 1,519 | Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; утеплювач пінополіуретановий густиною 80 кг/м ³ ; Сталь густиною 7800 кг/м ³ товщиною 0,0015 м; |
| <u>Підлога</u> | | Y_{max} $Y_{п}$ | $D_{п}$ | $Y_{п}$ | U_k , Вт/(м ² °С) | |
| <u>У виробничих приміщеннях</u> | | 17 | 0,86 | 28,8 | 0,23 | Бетон В 15 товщиною 0,1 м; Бетон В 7,5 товщиною 0,1 м |
| <u>На робочих місцях виробничих приміщень</u> | | 17 | 1,1 | 0,55 | - | Бетон В 15 товщиною 0,1 м; Бетон В 7,5 товщиною 0,1 м; Ущільнений щебнем ґрунт густиною 600 кг/м ³ ; дошка з сосни густиною 510 кг/м ³ |

2.2 Тепловий режим приміщень будівлі

2.2.2 Розрахунок теплонадходжень в приміщення

Теплонадходження від людей :

1) Повна кількість теплоти :

$$Q_{\text{лhf}} = q_{\text{hf}} \cdot n, \quad (2.25)$$

де: q_{hf} – питомі повні теплонадходження від однієї людини, залежить від категорії роботи ; n – кількість людей в приміщенні.

- *Відділення тістомісильне з пекарським залом:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 201 \cdot 20 = 4020 \text{ Вт}$
- *Склад тари:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 207 \cdot 7 = 1449 \text{ Вт}$
- *Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 205 \cdot 14 = 2870 \text{ Вт}$
- *Кімната комірника свіжовипеченої продукції:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 153 \cdot 2 = 306 \text{ Вт}$
- *Пакувальне відділення замороженої продукції:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 290 \cdot 18 = 5220 \text{ Вт}$
- *Склад пакувальних матеріалів:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 153 \cdot 8 = 1224 \text{ Вт}$
- *Відділення тістооброблювальне лінії виробів з листового тіста:*
холодний період: $Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = q \cdot n = 290 \cdot 6 = 1740 \text{ Вт}$

Теплонадходження від джерел штучного освітлення

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (2.26)$$

де: $E_{\text{осв}}$ - освітленість робочих поверхонь, лк; $F_{\text{п}}$ - площа підлоги, м^2 ; $q_{\text{осв}}$ - питомі тепловиділення від люмінесцентних ламп, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$, $\eta_{\text{осв}}$ - частка теплоти, що надходить в приміщення: $\eta_{\text{осв}} = 0,55$ від люмінесцентних ламп.

- *Відділення тістомісильне з пекарським залом:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 200 \cdot 2262 \cdot 0,071 \cdot 0,55 = 17667 \text{ Вт}$$

- *Склад тари:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 150 \cdot 67,9 \cdot 0,073 \cdot 0,55 = 409 \text{ Вт}$$

- *Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 150 \cdot 199,4 \cdot 0,073 \cdot 0,55 = 1204 \text{ Вт}$$

- *Кімната комірника свіжовипеченої продукції:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 75 \cdot 8,9 \cdot 0,073 \cdot 0,55 = 27 \text{ Вт}$$

- *Пакувальне відділення замороженої продукції:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 150 \cdot 572,9 \cdot 0,073 \cdot 0,55 = 3450 \text{ Вт}$$

- *Склад пакувальних матеріалів:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 150 \cdot 183,3 \cdot 0,073 \cdot 0,55 = 1104 \text{ Вт}$$

- *Відділення тістооброблювальне лінії виробів з листового тіста:*

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 200 \cdot 292,2 \cdot 0,071 \cdot 0,55 = 2282 \text{ Вт}$$

Загальні теплонадходження в приміщеннях

| Приміщення | Теплонадходження від , Вт | | | Разом |
|---|---------------------------|---------------------|-------------------------------|-------|
| | людей | штучного освітлення | Від технологічного обладнання | |
| Відділення тістомісильне з пекарським залом | 4020 | 17667 | 23408 | 45095 |
| Склад тари | 1449 | 409 | 938 | 2796 |
| Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції | 2870 | 1207 | 1305 | 5382 |
| Кімната комірника свіжовипеченої продукції | 306 | 27 | 101 | 434 |
| Пакувальне відділення замороженої продукції | 5220 | 3450 | 1358 | 10028 |
| Склад пакувальних матеріалів | 1224 | 1104 | 1703 | 4031 |
| Відділення тістооброблювальне лінії виробів з листового тіста | 1740 | 2282 | 5728 | 9750 |

2.2.2 Розрахунок тепловтрат в приміщеннях

Основні тепловтрати відбуваються через стіни, дах, підлогу, вікна та двері, а також через вентиляцію. Для визначення тепловтрат потрібно врахувати площу кожної поверхні, що контактує з зовнішнім середовищем, та рівень її теплоізоляції. Далі обчислюють, скільки тепла втрачається через кожен із цих елементів залежно від різниці температур між приміщенням і вулицею. Важливим фактором є повітрообмін, оскільки вентиляція призводить до значних втрат тепла. Також враховують внутрішні теплопоступлення від побутових приладів, людей та інших джерел, які здатні знизити потребу в опаленні. Завершальний етап — балансування тепловтрат і теплопоступлень, що дозволяє визначити необхідну кількість тепла для підтримки комфортної температури в приміщенні.

Для точного складання теплового балансу потрібно врахувати всі джерела тепловтрат і теплопоступлень, а також особливості будівлі, щоб забезпечити її енергоефективність [12]. Тепловтрати будівлі охоплюють три основні категорії: через огорожувальні конструкції, вентиляційні втрати та інфільтраційні втрати (продування повітря через нещільності).

Огорожувальні конструкції включають стіни, дах, підлогу, вікна та двері. Кожен з цих елементів має свій рівень теплоізоляції, який залежить від матеріалу, товщини та властивостей поверхні. Враховується площа кожної поверхні, а також розрахункові температури всередині та зовні будівлі, що дозволяє оцінити, скільки тепла втрачається через кожну огорожувальну конструкцію. Вікна й двері, наприклад, є особливо вразливими через відносно низький рівень теплоізоляції. Теплопоступлення — це внутрішні джерела тепла, які здатні зменшити потребу в додатковому обігріві.

До них належать побутові прилади, електрообладнання, а також тепловиділення від людей. Навіть сонячне випромінювання через вікна є джерелом теплопоступлень, особливо в денний час. Важливо врахувати всі ці фактори, оскільки вони можуть значно зменшити загальні тепловтрати.

Складання теплового балансу полягає у порівнянні всіх джерел тепловтрат з теплопоступленнями, щоб визначити кількість тепла, необхідну для підтримання комфортної температури в приміщенні. Якщо теплопоступлення недостатні, щоб компенсувати тепловтрати, визначають потребу в додатковому опаленні. Такий підхід дозволяє точно оцінити, яку кількість тепла потрібно подати до будівлі, щоб підтримувати потрібний мікроклімат.

Тепловий режим будівлі головним чином визначається тепловим балансом між тепловтратами та теплонадходженнями приміщень за нормованої температури внутрішнього повітря, які включають:

- 1) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями через зовнішні огорожувальні будівельні конструкції, що контактують із зовнішнім повітрям;
- 2) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями до приміщень із більш низькою розрахунковою температурою;
- 3) трансмісійні тепловтрати опалювальними приміщеннями через неопалювані приміщення;
- 4) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями через конструкцію підлоги та ґрунт;
- 5) вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря в опалюваних приміщеннях будівлі, за винятком теплоти, що передана з повітрям у середині будівлі;
- б) компенсаційну теплову потужність в опалюваних приміщеннях будівлі при періодичному режимі роботи системи опалення;

- 7) витрату теплоти на нагрівання матеріалів і виробів, обладнання та транспортних засобів;
- 8) надходження теплоти, що регулярно надходить у приміщення від електричних приладів, приладів освітлення, технологічного обладнання, трубопроводів, людей та інших джерел.

Трансмісійні тепловтрати

Розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огороження $\Phi_{T,i}$, Вт, з урахуванням основних можливих варіантів влаштування приміщення визначають за формулою:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,ij} + N_{T,iue} + N_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (2.27)$$

де: $N_{T,ie}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення назовні, Вт/°С; $N_{T,ij}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огорожувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення із іншою розрахунковою температурою, Вт/°С; $N_{T,iue}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення назовні, Вт/°С; $N_{T,ig}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції до ґрунту, Вт/°С; $\theta_{int,i}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; θ_e – температура зовнішнього повітря, °С.

Розрахункову температуру внутрішнього повітря у холодний період року в опалюваних виробничих приміщеннях упродовж періоду їх невикористання (черговий режим роботи) приймають нижчою від нормованої температури не більше ніж на 4 °С від нормованої температури, але не нижче ніж 5 °С у виробничих приміщеннях.

Відновлення нормованої температури слід забезпечувати до початку використання приміщення або до початку роботи.

Розрахункову температуру повітря, $\theta_{int,i}$, °C, у приміщеннях заввишки понад 4 м можна визначити за формулами:

- Визначаємо внутрішню температуру повітря у верхній зоні приміщення, °C:

$$\theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2), \quad (2.28)$$

де: $\theta_{int,i}^{рз}$ – внутрішня температура повітря у робочій зоні приміщення, що дорівнює розрахунковій температурі внутрішнього повітря, °C; $h_{пр}$ – висота приміщення (від підлоги до стелі), м; $grad(t)$ – підвищення внутрішньої температури повітря вище робочої зони, °C /м, на 1 м висоти визначається за формулою:

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{рз} \quad (2.29)$$

- *Відділення тістомісильне з пекарським залом:*

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{рз} = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ °C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 22 + 0,44 \cdot (6,2 - 2) = 23,84 \text{ °C}$$

- *Склад тари:*

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{рз} = 0,02 \cdot 18 = 0,36 \text{ °C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (6,2 - 2) = 19,51 \text{ °C}$$

- *Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції:*

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{рз} = 0,02 \cdot 18 = 0,36 \text{ °C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (6,2 - 2) = 19,51 \text{ °C}$$

- *Кімната комірника свіжовипеченої продукції:*

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{рз} = 0,02 \cdot 18 = 0,36 \text{ °C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (2,5 - 2) = 18,18 \text{ °C}$$

- Пакувальне відділення замороженої продукції:

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{pz} = 0,02 \cdot 12 = 0,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 12 + 0,24 \cdot (4 - 2) = 12,48^\circ\text{C}$$

- Склад пакувальних матеріалів:

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{pz} = 0,02 \cdot 20 = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 20 + 0,4 \cdot (6,2 - 2) = 21,68^\circ\text{C}$$

- Відділення тістооброблювальне лінії виробів з листового тіста:

$$grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{pz} = 0,02 \cdot 16 = 0,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Тоді } \theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2) = 16 + 0,32 \cdot (3,7 - 2) = 16,54^\circ\text{C}$$

Визначаємо внутрішню температуру повітря у верхній зоні огородження, $^\circ\text{C}$:

$$\theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2), \quad (2.30)$$

де: $\theta_{int,i}^{pz}$ – внутрішня температура повітря у робочій зоні приміщення, що дорівнює розрахунковій температурі внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$; $h_{ог}$ – висота огородження від рівня підлоги приміщення до верху огородження, м; $grad(t)$ – підвищення внутрішньої температури повітря вище робочої зони, $^\circ\text{C}/\text{м}$, на 1 м висоти визначається за формулою:

- Відділення тістомісильне з пекарським залом:

$$\theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 22 + 0,44 \cdot (6,5 - 2) = 23,98^\circ\text{C}$$

- Склад тари:

$$\theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{pz} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (6,5 - 2) = 19,62^\circ\text{C}$$

- Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції:

$$\theta_{int,i}^B = \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (6,5 - 2) = 19,62^\circ\text{C}$$

- Кімната комірника свіжовипеченої продукції:

$$\theta_{int,i}^B = \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 18 + 0,36 \cdot (2,7 - 2) = 18,25^\circ\text{C}$$

- Пакувальне відділення замороженої продукції:

$$\theta_{int,i}^B = \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 12 + 0,24 \cdot (4,2 - 2) = 12,52^\circ\text{C}$$

- Склад пакувальних матеріалів:

$$\theta_{int,i}^B = \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 20 + 0,4 \cdot (6,5 - 2) = 21,8^\circ\text{C}$$

- Відділення тістообробувальне лінії виробів з листового тіста:

$$\theta_{int,i}^B = \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2) = 16 + 0,32 \cdot (4 - 2) = 16,64^\circ\text{C}$$

- Визначаємо середню внутрішню температуру повітря, °C:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) \quad (2.31)$$

- Відділення тістомісильне з пекарським залом:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) = 0,5 \cdot (22 + 23,98) = 22,99^\circ\text{C}$$

- Склад тари:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) = 0,5 \cdot (18 + 19,62) = 18,81^\circ\text{C}$$

- Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) = 0,5 \cdot (18 + 19,62) = 18,81^\circ\text{C}$$

- Кімната комірника свіжовипеченої продукції:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) = 0,5 \cdot (18 + 18,25) = 18,12^\circ\text{C}$$

- Пакувальне відділення замороженої продукції:

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^B) = 0,5 \cdot (12 + 12,52) = 12,26^\circ\text{C}$$

- *Склад пакувальних матеріалів:*

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{рз} + \theta_{int,i}^{в}) = 0,5 \cdot (20 + 21,8) = 20,9^{\circ}\text{C}$$

- *Відділення тістооброблювальне лінії виробів з листового тіста:*

$$\theta_{int,i}^{сер} = 0,5(\theta_{int,i}^{рз} + \theta_{int,i}^{в}) = 0,5 \cdot (16 + 16,64) = 16,32^{\circ}\text{C}$$

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря.

Розрахункове значення характеристики тепловтрат приміщення при теплопередачі з опалюваного приміщення назовні через будівельні огородження (елементи лінійного теплового мосту) а саме, стіни, двері, стелю та вікна, розраховують за формулою:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \frac{\text{Вт}}{^{\circ}\text{C}} \quad (2.32)$$

де: A_k – площа теплопередачі k -ї будівельної конструкції огорожень приміщення, м^2 ; U_k – коефіцієнт передачі теплоти від внутрішнього повітря через k -ту будівельну конструкцію огороження приміщення до зовнішнього середовища, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$; ψ_l – лінійний коефіцієнт теплопередачі l -го елемента лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження.

Обчислення теплових потоків та поверхневих температур, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$; l_l – довжина лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження, м ; e_k , e_l – поправочні коефіцієнти, на додаткові тепловтрати, що враховують випромінюючі властивості поверхні огороження, з урахуванням впливу мікрокліматичних умов, типу ізоляційних матеріалів, їх вологості, швидкості вітру і температури зовнішнього повітря.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом

Характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення до масиву землі $H_{T,ig}$ визначається за формулою:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot \left(\sum_{k,k} \frac{A \cdot U}{k} \right) \cdot G_w, \frac{\text{Вт}}{^{\circ}\text{C}} \quad (2.33)$$

де: $f_{g1} = 1,45$ – поправочний коефіцієнт, що враховує річні коливання температури ґрунту (за відсутності національних даних); G_w – корегувальний коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод (при рівні ґрунтових вод нижче плити покриття підлоги $h_{г.в} > 1,0$ м $G_w = 1,0$; при $h_{г.в} \leq 1,0$ м $G_w = 1,15$); f_{g2} – поправочний коефіцієнт на можливе зниження зовнішньої температури, який враховує різницю між середнім коливанням і розрахунковим значенням температури зовнішнього повітря (середню амплітуду коливання) і визначається за формулою:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{me}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (2.34)$$

де: θ_{me} – середньорічна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$

Вентиляційні тепловтрати

Розрахункові теплові втрати приміщення на нагрівання вентиляційного повітря в опалювальних приміщеннях $\Phi_{V,i}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{Вт}, \quad (2.35)$$

де: $H_{V,i}$ – характеристика вентиляційних тепловтрат приміщення, $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}$.

Розрахункове значення характеристики тепловтрат опалювального приміщення при нагріванні зовнішнього вентиляційного повітря, що поступає до нього за рахунок вентиляції (інфільтрації, провітрювання тощо):

$$H_{V,i} = V_i^c \cdot \rho \cdot c_p, \frac{\text{Вт}}{^{\circ}\text{C}}, \quad (2.36)$$

де: ρ – густина повітря при розрахунковій температурі приміщення, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_p –

питома теплоємність повітря при розрахунковій температурі приміщення, кДж/(кг·К); V_i^c – об’ємна витрата повітря, що надходить до опалювального приміщення, м³/с, яка розраховується залежно від організації повітрообміну в приміщенні.

За відсутності організованої подачі припливного повітря в приміщення при визначенні об’ємної витрати повітря V_i за розрахункову величину приймають більше значення між інфільтраційним та санітарно-гігієнічним повітрообмінами:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}), \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (2.37)$$

Мінімальна питома витрата вентиляційного повітря за санітарно-гігієнічними вимогами для виробничих приміщень:

- для основного режиму роботи системи вентиляції при перебуванні людей більше двох годин безперервно у приміщенні: з природним провітрюванням – 30 м³/(люд·год), без природного провітрювання – 60 м³/(люд·год);
- для чергового режиму роботи системи вентиляції рекомендується обирати мінімальне значення витрати зовнішнього повітря від 0,1 дм³/(с·м²) до 0,2 дм³/(с·м²).

Витрати теплоти на нагрівання матеріалів і виробів, обладнання та транспортних засобів

Такі витрати теплоти потрібно враховувати у випадку потрапляння транспортних засобів, матеріалів, виробів тощо у приміщення, для розраховується, ззовні або з іншого приміщення з нижчою внутрішньою температурою.

Витрата теплоти на нагрівання матеріалів і виробів.

$\Phi_{Q_{HM}}$, Вт, що ввозяться у приміщення ззовні, визначають за формулою:

$$\Phi_{Q_{HM}} = 0,278 \cdot G_M \cdot c_M \cdot (\theta_{int,i} - t_{zm}) \cdot \beta_H \quad (2.38)$$

де: G_M – маса однорідних матеріалів і виробів, що надходять у приміщення протягом однієї години, кг/год;

c_m – питома теплоємність матеріалу (для металу- 0,46), кДж/(кг·°C); β_n – коефіцієнт, який враховує загальну частку кількості теплоти, що отримується матеріалом за кожну наступну годину знаходження у приміщенні (приймаємо рівною 1); t_{zm} -зовнішня температура матеріалу, для металу – $t_{zm} = t_3$, °C.

Витрата теплоти на нагрівання обладнання, матеріалів тощо

$\Phi_{Q_{обл}}$, Вт, при змінному тепловому режимі приміщення (підвищення внутрішньої температури повітря при переході з чергового режиму до робочого):

$$\Phi_{q_{обл}} = 0,278 \cdot G_{обл} \cdot c_{обл} \cdot (\theta_{int.i} - \theta_{вч}) \cdot \beta_n, \quad (2.39)$$

де: $G_{обл}$ – маса обладнання, кг; $c_{обл}$ – середня питома теплоємність матеріалу обладнання, кДж/(кг·°C); $t_{вч}$ – розрахункова внутрішня температура повітря під час роботи чергової системи опалення, °C;

2.2.3 Тепловий баланс приміщень

Відповідно до [11] проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за тепловим балансом приміщення:

$$\Phi_{HL,i} = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i} + \Phi_{Q,i} + \Phi_{RH,i}, \text{ Вт}, \quad (2.40)$$

де: $\Phi_{T,i}$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщення, Вт; $\Phi_{V,i}$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт; $f_{h,i}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує висоту приміщення більше ніж 5 м; $\Phi_{Q,i}$ – інші можливі регулярні тепловтрати (із знаком «+») або теплонадходження (із знаком «-») до опалюваного приміщення, Вт; $\Phi_{RH,i}$ – запас потужності системи опалення приміщення, Вт.

Зміна режиму використання приміщення з основного на черговий режим, а далі з чергового на основний (зниження/підвищення внутрішньої температури) супроводжується тепловиділенням від нагрітих виробів, технологічного обладнання і конструкцій зовнішніх огорожень, які

остигають у приміщенні, або додатковою витратою теплоти на їх догрівання до температурного рівня основного режиму, що потребує збільшення теплової потужності системи. Величина компенсаційної теплової потужності залежить від таких факторів: маси виробів і обладнання, які знаходяться у приміщенні; теплоємності будівельних матеріалів, ступеня зниження внутрішньої температури при переході на черговий режим використання приміщення, відведеного часу на розігрівання приміщення, характеристик системи управління. Запас потужності системи опалення не застосовують для систем з оптимізованим за погодними умовами автоматичним регулюванням теплового режиму приміщення з невеликими додатковими витратами на догрівання обладнання, виробів, матеріалів при переході з чергового на основний режим використання. У випадку великих значень цих витрат в виробничих цехах з верстатним обладнанням, з технологічним обладнанням тощо для ефективного регулювання і підтримання оптимальної внутрішньої температури потрібно враховувати запас потужності системи опалення в тепловому балансі приміщення.

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення за тепловим балансом приміщення визначається за величиною $\pm\Delta\Phi_i$, Вт, що дорівнює різниці між сумарними величинами надходження теплоти $\Sigma\Phi_{\text{теплі}}$ та витратою теплоти $\Sigma\Phi_{\text{витрі}}$ в приміщенні за нормованої температури внутрішнього повітря

За наявності у приміщенні надлишків тепла $+\Delta\Phi$, тобто за позитивної величини різниці між сумарними надходженнями теплоти та витратою теплоти, система опалення проектується тільки для чергового режиму роботи приміщення. З урахуванням розрахунків за тепловим балансом приміщення формулу для визначення теплової потужності системи опалення можна записати у вигляді:

$$\Phi_{HL,i} = \frac{(-\Delta\Phi) \cdot b_1 \cdot b_2}{1-b}, \text{ Вт}, \quad (2.41)$$

де: b_1, b_2 – коефіцієнти, які враховують відповідно додатковий тепловий потік встановлених опалювальних приладів та додаткові тепловтрати «зарадіаторними» ділянками зовнішніх стін; b – частка від недостачі теплоти, яка не врахована в тепловому балансі приміщення (втрата теплоти у процесі остигання теплоносія в подавальних і зворотних магістралях системи опалення, прокладених в неопалювальних приміщеннях; для виробничих приміщень можна прийняти – $b = 0,02$).

Гідравлічний розрахунок

Система водяного опалення – це розгалужена мережа трубопроводів, по якій розподіляється теплоносій між опалювальними приладами, що знаходиться у постійному циркуляційному русі протягом всього опалювального періоду. Для опалення виробничих приміщень застосовуються переважно двотрубні системи з насосною циркуляцією теплоносія. Гідравлічний розрахунок системи опалення виробничих приміщень виконується за стандартними методиками. Метою гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів та виконання гідравлічної ув'язки циркуляційних кілець системи опалення, яку досягають за допомогою балансувальної регулювальної арматури з урахуванням гідравлічних втрат тиску на ділянках, розрахованих за одним із методів гідравлічного розрахунку. За гідравлічним розрахунком визначаються налаштування всієї настроюваної ручної та автоматичної запірно-регулювальної арматури (терморегулятори, приєднувальна регулювальна гарнітура, ручні та автоматичні балансувальні клапани тощо), за допомогою яких ув'язують циркуляційні кільця системи опалення. Величини розрахованих налаштувань зазначаються у проектній документації та виставляються під час налагодження системи із забезпеченням розрахункової витрати теплоносія в циркуляційних кільцях.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|--------------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | <i>Аркуш</i> |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 657 |

Послідовність гідравлічного розрахунку трубопроводів

Гідравлічний розрахунок виконують за оптимальними швидкостями руху теплоносія на кожній ділянці або за заданим циркуляційним тиском для системи опалення.

Під час виконання гідравлічного розрахунку рекомендується брати такі розрахункові швидкості руху теплоносія: для сталевих труб – 0,3...0,5 м/с, для полімерних труб - 0,5...0,7 м/с (за питомих втрат тиску на тертя в межах 100...200 Па/м).

Гідравлічний розрахунок систем опалення базується на рівнянні визначення втрат тиску на розрахунковій ділянці:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \quad (2.42)$$

де: $\Delta P_{\text{л}}$ – лінійні втрати тиску, спричинені опорами тертя в трубах; $\Delta P_{\text{м}}$ – втрати тиску в місцевих опорах, обумовлені зміною структури потоку (зміною напрямку, розділенням, злиттям тощо) у фітингах, запірно-регулювальних пристроях та обладнанні.

Втрати тиску в системі під час виконання гідравлічного розрахунку здебільшого розраховуються за двома основними способами: за питомими лінійними втратами тиску та за характеристиками гідравлічного опору.

У насосних системах водяного опалення переважно виконують розрахунки за другим способом, втрати тиску на ділянці визначають за формулою:

$$\Delta P = S \cdot G^2, \quad (2.43)$$

де: G – витрата води на розрахунковій ділянці, кг/год; S – характеристика гідравлічного опору ділянки, Па/(кг/год)², яку розраховують за формулою:

$$S = A \cdot \xi_{\text{пр}}, \quad (2.44)$$

де: A – питомий динамічний тиск на ділянці, що виникає за витрати теплоносія в ній $G = 1$ кг/год, Па/(кг/год)²; $\xi_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт опору ділянки:

$$\xi_{\text{пр}} = \left(\frac{\lambda}{d}\right) \cdot l + \Sigma \xi, \quad (2.45)$$

де: $\Sigma \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; l – довжина розрахункової ділянки, м.

Розрахункові втрати тиску на ручній балансувальній арматурі (вентилі, крани тощо), окрім конструкції з убудованим витратомірним пристроєм (шайба, труба Вентурі і ін.) беруть не менше ніж 3 кПа.

За питомою величиною G/w визначають фактичну швидкість руху води на ділянці:

$$w = \frac{G}{\frac{G}{w}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.46)$$

Характеристика гідравлічного опору розрахункової ділянки дорівнює:

$$S = S_{\text{пр}} \cdot l + S_v \quad (2.47)$$

Витрату води в системі опалення (на виході з вузла теплового вводу), G_{co} , кг/год, визначають за формулою:

$$G_{\text{co}} = \frac{3,6 \cdot \Phi_{\text{HL}}}{c \cdot \Delta t_{\text{co}}}, \quad (2.48)$$

де : Φ_{HL} – теплова потужність системи опалення, Вт; c – питома теплоємність води, що дорівнює 4,19 кДж/(кг·°C); $\Delta t_{\text{co}} = (t_r - t_o)$ – різниця температур теплоносія на вході в систему опалення t_r і на виході з неї t_o , °C.

Витрата мережної води (на ввіді вузла теплового вводу), G_{T} , кг/год, дорівнює:

$$G_{\text{T}} = \frac{3,6 \cdot \Phi_a}{c \cdot \Delta T}, \quad (2.49)$$

де: Φ_a – теплова потужність на ввіді абонента, Вт; $\Delta T = (T_1 - T_2)$ – різниця температур теплоносія в тепловій мережі на ввіді до будівлі, °C.

Витрата води $G_{\text{дiл } i}$, кг/год, у будь-якій розрахунковій ділянці системи опалення дорівнює:

$$G_{\text{дiл } i} = G_{\text{co},i} \cdot \varphi_i, \quad (2.50)$$

де: φ_i – частка загальної витрати води, яка тече i -тою ділянкою, розраховується за формулою:

$$\varphi_i = \frac{\Phi_{\text{HL},i}}{\Phi_{\text{HL}}}, \quad (2.51)$$

де: Φ_{HLi} – теплове навантаження i -тої розрахункової ділянки, Вт.

Результати гідравлічного розрахунку наведено в табл. 2.6. та табл. 2.7.

| Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів вітки двохтрубної системи опалення цеху № 3 (теплова потужність системи опалення цеху № 3 59462 Вт) | | | | | | | | | | | | | Таблиця 2.6. | |
|---|------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|--|
| Номер розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | Витрата води на ділянці | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів | Приведений коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянці | Загальні втрати тиску | |
| № діл. | $Q_{дiл}$, Вт | G , кг/год | l , м | d , мм | λ/d , м ⁻¹ | G/v , (кг/год)/(м/с) | A , Па/(кг/год) ² | V , м/с | $\Sigma \xi$ | $\xi_{пр}$ | S , Па/(кг/год) ² | $\Delta P_{дiл}$, Па | $\Sigma \Delta P$, Па | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| ВТВ-1 | 29731 | 1278 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,274 | 6 | 23 | 0,000523 | 855 | 855 | |
| 1-2 | 26015 | 1119 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,240 | 9 | 18 | 0,000408 | 511 | 1366 | |
| 2-3 | 22299 | 959 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,205 | 9 | 18 | 0,000415 | 382 | 1748 | |
| 3-4 | 18583 | 799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,171 | 9 | 18 | 0,000415 | 265 | 2013 | |
| 4-5 | 14867 | 639 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,179 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 299 | 2312 | |
| 5-6 | 11151 | 479 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,134 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 168 | 2480 | |
| 6-7 | 7435 | 320 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,157 | 25,5 | 90 | 0,010561 | 1079 | 3559 | |
| 7-8 | 3719 | 160 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 228 | 3787 | |
| 8-8' | 3719 | 160 | 1 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 19 | 22 | 0,006895 | 176 | 3964 | |
| 8-7' | 3719 | 160 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 228 | 4191 | |
| 7-6' | 7435 | 320 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,157 | 25,5 | 90 | 0,010596 | 1083 | 5275 | |
| 6-5' | 11151 | 479 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,134 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 171 | 5445 | |
| 5-4' | 14867 | 639 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,179 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 304 | 5749 | |
| 4-3' | 18583 | 799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,171 | 9 | 19 | 0,000422 | 269 | 6018 | |
| 3-2' | 22299 | 959 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,205 | 9 | 19 | 0,000422 | 388 | 6406 | |
| 2-1' | 26015 | 1119 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,240 | 9 | 18 | 0,000399 | 500 | 6906 | |
| 1'-ВТВ | 29731 | 1278 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,274 | 6 | 30 | 0,000669 | 1094 | 8000 | |
| | | | | | | | | | | | | Всього | 70074 | |

Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів вітки двохтрубної системи опалення цеху № 3

(теплова потужність системи опалення цеху № 3 111546 Вт)

| Номер розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | Витрата води на ділянці | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів | Приведений коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянці | Загальні втрати тиску |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------|
| № діл. | $Q_{д\text{іл.}}, \text{Вт}$ | $G, \text{кг/год}$ | $l, \text{м}$ | $d, \text{мм}$ | $\lambda/d, \text{м}^{-1}$ | $G/v, \text{кг/год}/(\text{м}^3/\text{с})$ | $A, \text{Па}/(\text{кг/год})^2$ | $V, \text{м/с}$ | $\Sigma \xi$ | $\xi_{\text{спр}}$ | $S, \text{Па}/(\text{кг/год})^2$ | $\Delta P_{\text{д\text{іл.}}}, \text{Па}$ | $\Sigma \Delta P, \text{Па}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ВТВ-1 | 55773 | 2398 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,514 | 6 | 23 | 0,000523 | 3009 | 3009 |
| 1-2 | 48802 | 2098 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,449 | 9 | 18 | 0,000408 | 1798 | 4807 |
| 2-3 | 41831 | 1799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,385 | 9 | 18 | 0,000415 | 1343 | 6150 |
| 3-4 | 34860 | 1499 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,321 | 9 | 18 | 0,000415 | 933 | 7083 |
| 4-5 | 27889 | 1199 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,335 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 1052 | 8135 |
| 5-6 | 20918 | 899 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,251 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 592 | 8727 |
| 6-7 | 13947 | 600 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,294 | 25,5 | 90 | 0,010561 | 3798 | 12525 |
| 7-8 | 6971 | 300 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 801 | 13326 |
| 8-8' | 6971 | 300 | 1 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 19 | 22 | 0,006895 | 620 | 13946 |
| 8'-7' | 6971 | 300 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 801 | 14746 |
| 7'-6' | 13942 | 600 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,294 | 25,5 | 90 | 0,010596 | 3808 | 18555 |
| 6'-5' | 20913 | 899 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,251 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 601 | 19156 |
| 5'-4' | 27884 | 1199 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,335 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 1068 | 20224 |
| 4'-3' | 34855 | 1499 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,321 | 9 | 19 | 0,000422 | 948 | 21171 |
| 3'-2' | 41826 | 1799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,385 | 9 | 19 | 0,000422 | 1365 | 22536 |
| 2'-1' | 48797 | 2098 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,449 | 9 | 18 | 0,000399 | 1758 | 24294 |
| 1'-ВТВ | 55768 | 2398 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,513 | 6 | 30 | 0,000669 | 3849 | 28144 |
| | | | | | | | | | | | | Всього | 246534 |

2.3 Проектування внутрішнього тепlopостачання виробничих приміщень

Проектування опалення виробничих приміщень виконано у відповідності з нормативними документами:

— ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

— ДБН В.2.6-31: 2016-2017 «Теплова ізоляція будівель»;

— ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;

— ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем»;

— ДБН В.2.2-28-2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення»;

— ДБН В. 1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

— ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»;

Розрахункова температура для проектування опалення - 22 °С;

Середня температура опалювального періоду -0,1°С;

Тривалість опалювального періоду 176 діб;

Кількість градусо-діб опалювального періоду 3502 г/д;

У відповідності до ДБН В.2.6-31: 2016-2017 «Теплова ізоляція будівель» умови експлуатації огороджувальних конструкцій – Б. Внутрішні розрахункові температури прийняті у відповідності з вимогами ДБН.

Джерелом тепlopостачання для будівлі прохідної є електричний котел, встановлений в приміщенні теплового вузла, для будівлі адміністративно-побутового корпусу (АПК) – мережі опалення виробничого цеху № 3, для будівлі цеху № 3 та котельня на біопаливі, розміщена на відм. 0,000, в будівлі цеху. Параметри теплоносія - 80-60 °С.

Основні технічні рішення з опалення

Для підтримання нормованої температури повітря в приміщеннях проектом передбачено влаштування систем опалення, які розраховані на відшкодування витрат тепла через огороджувальні конструкції, а також на нагрівання повітря, що надходить ззовні.

Будівля виробничого цеху № 3.

Система опалення цеху № 3 запроєктована комбінована: постійно діюча фоновіа система – водяна двотрубна, тупикова на максимальну потужність 59.5 кВт та періодично працююча догрівуюча система на максимальну теплову потужність 52,1 кВт – повітряна з електричними тепловентиляторами LEO EL S BMS. Схема водяної системи – з нижнім прокладанням розподільних трубопроводів із сталевих труб KAN-therm Steel. Параметри теплоносія – 80-60 °С. Випускання повітря здійснюється кранами на регістрах та автоматичними повітровідвідниками на розподільних трубопроводах, у нижніх точках для спорожнення систем передбачено спускні крани. На воротах передбачено повітряні завіси (системи ПТЗ 1-ПТЗ 3) для відсікання холодного повітря в зимовий період.

Будівля адміністративно-побутового корпусу

Система опалення приміщень АПК запроєктована двотрубна, горизонтальна, тупикова. Джерело теплопостачання – мережі опалення виробничого цеху. У якості трубопроводів для розподільних магістралей прийняті поліетиленові труби REX-c (з антидифузійним захистом), які прокладаються в гофрованих трубах "пешель" у в підготовці підлоги. За опалювальні прилади прийняті радіатори «Korado» з боковим приєднанням “Herz-2000”. На підводках до опалювальних приладів встановлюються автоматичні терморегулятори фірми.

Будівля прохідної

Система опалення приміщень прохідної запроєктована двотрубна, горизонтальна, тупикова. Джерело теплопостачання – електричний котел. Розрахункові системи опалення – 80-60 °С. У якості опалювальних приладів прийняті радіатори «Korado» з боковим приєднанням трубопроводів. На підводках до опалювальних приладів встановлюються автоматичні терморегулятори фірми “Herz”. Розподільні трубопроводи – поліетиленові труби REX-c (з антидифузійним захистом), прокладаються в гофрованих трубах "пешель" у в підготовці підлоги.

Креслення інженерних систем наведено в графічній частині роботи

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|--------------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | <i>Аркуш</i> |
| <i>Зм..</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 67 |

2.3.1 Підбір та розрахунок опалювальних приладів

Метою теплового розрахунку опалювальних приладів є підбір типорозмірів сталевих панельних радіаторів чи конвекторів, визначення кількості секцій секційних радіаторів (чавунних, біметалевих і ін.), розрахунок поверхні нагрівання приладів із гладких сталевих труб, що забезпечують потрібний тепловий потік у приміщення [14].

Потрібний тепловий потік опалювального приладу $\Phi_n^{номр}$, Вт, приведений до нормованих умов, визначають за формулою:

$$\Phi_n^{потр} = \frac{\Phi_{оп}}{\varphi \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}, \quad (2.52)$$

де: φ – сумарний коефіцієнт, який враховує відмінність розрахункових величин температурного напору і витрати води в опалювальному приладі від нормованих:

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 = \left(\frac{\Delta t_p}{\Delta t_n}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_p}{G_n}\right)^p, \quad (2.53)$$

де: Δt_p – розрахунковий температурний напір, °С; Δt_n – нормований температурний напір, $\Delta t_n=70$ °С; $G_p/G_n=1$ - поправковий коефіцієнт, що враховує змінення теплового потоку ОП при відміні розрахункової витрати води $G_{оп}$ від $G_n=360$ - нормована витрата води в ОП, кг/год; n , p і c – емпіричні показники; b – коефіцієнт, який враховує барометричний тиск у районі будівництва; ψ_1 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювального приладу при русі води в ньому для схеми «зверху-вниз»– $\psi_1 = 1$; ψ_2 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів при розташуванні їх в два чи більше рядів по вертикалі $\psi_2 = 0,85$; ψ_3 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів під час розташування їх у декілька рядів за глибиною (при однорядній установці приладів за глибиною – $\psi_3 = 1$).

Температурний напір в опалювальному приладі:

$$\Delta t_p = \Delta t_{вх} - \frac{\Delta t_{оп}}{2} - \Delta t_{в}, \quad (2.54)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 68 |

де: $t_{\text{вх}}$ – температура води, що надходить в опалювальний прилад, $t_{\text{вх}} = t_{\text{г}} = 150^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\text{о.п.}}$ – перепад температур води в опалювальному приладі, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$.

Перепад температур води у кожному опалювальному приладі двотрубної системи опалення визначають за формулою:

$$\Delta t_{\text{оп}} = \frac{0,86 \cdot \Phi_{\text{п.в.}} \cdot b_2 \cdot b_3}{G_{\text{п.в.}}}, \quad (2.55)$$

де: $\Phi_{\text{п.в.}}$ – сума тепловтрат приміщень, які обслуговуються приладовою віткою ($\Phi_{\text{п.в.}} = \sum \Phi_{\text{1прі}}$),

Вт; b_3 – коефіцієнт, який враховує спосіб установки опалювального приладу (при відкритій установці – $b_3 = 1$); $G_{\text{п.в.}}$ – витрата води в приладовій вітці, кг/год:

$$G_{\text{п.в.}} = \frac{0,86 \cdot \Phi_{\text{п.в.}}}{c \cdot \Delta t_{\text{сo}}} \quad (2.56)$$

Витрату води, $G_{\text{о.п.}}$, кг/год, в опалювальних приладах двотрубних систем водяного опалення з горизонтальними приладовими вітками розраховують за формулою:

За урахування величини $(-\Delta\Phi)$ – різниці між сумарними теплонадходженнями та витратою теплоти у приміщенні за нормованої температури внутрішнього повітря, визначеної під час складання теплового балансу приміщень, теплову потужність опалювальних приладів можна визначити за формулою:

$$\Phi_{\text{оп}} = (|-\Delta\Phi| - 0,9 \cdot \Phi_{\text{тр}}) \cdot b_2 \cdot b_3, \quad (2.57)$$

де $(-\Delta\Phi)$ – недостача тепла в приміщенні, Вт; $\Phi_{\text{тр}}$ – тепловіддача трубопроводів системи опалення, прокладених в опалюваному приміщенні, Вт

Тепловіддача від трубопроводів системи опалення:

$$\Phi_{\text{тр}} = q_{\text{тр}} \cdot (l_{\text{верт}} + 1,28 \cdot l_{\text{гор}}), \quad (2.58)$$

де: $q_{\text{тр}}$ – тепловий потік одного погонного метра відкрито прокладених у приміщенні вертикальних сталевих труб залежно від діаметра і температурного напору $\Delta t_{\text{т}}^{\text{тр}}$, Вт/м; $l_{\text{верт}}$ – довжина вертикальних труб, м;

$l_{\text{гор}}$ – довжина горизонтально прокладених труб, м.

Розрахунок опалювальних приладів цеху № 3

Визначаємо витрату води в приладовій вітці, кг/год:

$$G_{\text{пв}} = \frac{0,86 \cdot \Phi_{\text{пв}}}{\Delta t_{\text{со}}} \quad (2.59)$$

Визначаємо перепад температур води у кожному опалювальному приладі двотрубної системи опалення визначають за формулою:

$$\Delta t_{\text{оп}} = \frac{0,86 \cdot \Phi_{\text{пв}} \cdot b_2 \cdot b_3}{G_{\text{пв}}} \quad (2.60)$$

Визначаємо температурний напір в опалювальному приладі:

$$\Delta t_{\text{р}} = \Delta t_{\text{вх}} - \frac{\Delta t_{\text{оп}}}{2} - \Delta t_{\text{в}} \quad (2.61)$$

Тоді сумарний коефіцієнт, який враховує відмінність розрахункових величин температурного напору і витрати води в опалювальному приладі від нормованих дорівнює:

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 = \left(\frac{\Delta t_{\text{р}}}{\Delta t_{\text{н}}} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{\text{р}}}{G_{\text{н}}} \right)^p \quad (2.62)$$

Тепловіддача від трубопроводів системи опалення:

$$\Phi_{\text{тр}} = q_{\text{тр}} \cdot (l_{\text{верт}} + 1,28 \cdot l_{\text{гор}}) \quad (2.63)$$

Теплова потужність опалювальних приладів можна визначити за формулою:

$$\Phi_{\text{оп}} = (|\Delta \Phi| - 0,9 \cdot \Phi_{\text{тр}}) \cdot b_2 \cdot b_3 \quad (2.64)$$

Потрібний тепловий потік опалювального приладу $\Phi_{\text{н}}^{\text{потр}}$, Вт, приведений до нормованих умов, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{н}}^{\text{потр}} = \frac{\Phi_{\text{оп}}}{\varphi \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3} \quad (2.65)$$

Результати розрахунку теплового потоку наведено в табл. 2.8.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 70 |

Визначення потрібного теплового потоку реєстрів

| Назва приміщення | -ΔФ, Вт | G кг/год | Δt _{опт} , °C | Δt _р , °C | φ ₁ | φ ₂ | Φ _{тр} , Вт | Φ _{ол} , Вт | Φ _н ^{потр} , Вт |
|-------------------|---------|----------|------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Цех № 3 - I вар. | 29731 | 1278,4 | 20,0 | 48,0 | 0,61 | 1,0 | 18832 | 13038 | 25494 |
| Цех № 3 - II вар. | 55773 | 2398,2 | 20,0 | 48,0 | 0,61 | 1,0 | 18832 | 39601 | 77435 |

Розрахунок конструкції опалювального пристрою

За величиною потрібного теплового потоку $\Phi_n^{\text{потр}}$ підбирається опалювальний прилад з фактичним тепловим потоком $\Phi_n^{\text{факт}}$, Вт.

Опалювальні прилади із гладких сталевих труб підбирають (розробляють) за потрібною площею нагрівання:

$$F_n^{\text{потр}} = \frac{\Phi_n^{\text{потр}}}{k_{\text{тр}} \cdot \Delta t_{\text{тр}}}, \quad (2.66)$$

де: $k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт теплопередачі для гладких сталевих труб, Вт/(м²·°C);
 $\Delta t_{\text{тр}}$ – різниця середньої температури теплоносія в приладі і внутрішньої температури повітря, °C:

$$\Delta t_{\text{тр}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{в}} \quad (2.67)$$

де: $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вих}}$ – температури теплоносія, °C, відповідно на вході і виході опалювального приладу.

$$\text{Тоді, } F_n^{\text{потр}} = \frac{\Phi_n^{\text{потр}}}{k_{\text{тр}} \cdot \Delta t_{\text{тр}}} \quad (2.68)$$

Площа одного реєстра:

$$F_{p1} = \frac{F_n^{\text{потр}}}{n} \quad (2.69)$$

Таблиця 2.9

Розрахунок конструкції реєстрів із гладких сталевих труб

| Назва приміщення | Система обігрівання | Δt _р , °C | k _р | F _н ^{потр} , м ² | К-ть | F _{р1} , м ² | Реєстр | F _{нон} , м ² | Нев'язка, % |
|-------------------|---------------------|----------------------|----------------|---|-----------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|-------------|
| | | | | | приладів, шт | | | | |
| Цех № 3 - I вар. | СО-11 | 48 | 10,5 | 50,58 | 8 | 6,32 | Р-11 | 6,57 | 3,70 |
| Цех № 3 - II вар. | СО-12 | 48 | 10,5 | 153,64 | 24 | 6,40 | Р-21 | 6,57 | 2,50 |

РОЗДІЛ 3

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Студент

/Федорець І.І./

Консультант

/Сенчук М.П./

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 72 |

3.1. Характеристика котельні

Котельня складається з двох блоків- одноповерхового та триповерхового.

Одноповерховий блок має каркасну конструкцію-сталеві колони та збірні залізобетонні балки. Під всім одноповерховим блоком існує технічне підпілля:

Блок облаштовано підвісною кран-балкою. Фундаменти під колони монолітні залізобетонні. Колони сталеві індивідуальні. Стіни підпілля із збірних бетонних блоків стін підвалу, а вище рівня землі - з навісних стінових керамзитобетонних панелей товщиною 250 мм, по стінах підпілля.

Триповерховий блок має каркасну конструкцію із збірних залізобетонних конструкцій. Під половиною триповерхового блоку, що прилягає до одноповерхового блоку, існує підпілля глибиною 2,4 м. Над триповерховим блоком улаштовується похилий дах з покрівлею із металопрофілю.

Основна будівля котельні одноповерхова і складається з двох приміщень: котельного залу розмірами 18,0м х 24,0м х 18,0м та транспортної галереї, що має розміри 9,0м х 20,0м х 7,20м.

Стіна та перекриття між частиною яка залишається не експлуатованою, з боку частини що не опалюється та не використовується триповерхового блоку, утеплюється піноблоками товщиною 300 мм. Відсутні частини стіни заповнюються сендвіч панелями. Покрівля у котельному залі з сендвіч панелей. Над триповерховим блоком улаштовується похилий дах з покрівлею із металопрофілю. Ворота підйомні. Двері металеві. Вікна металопластикові. Підлога в приміщеннях бетонна. Металеві конструкції очищаються від іржі.

Всі базові частини колон в середині котельні, на яких виявлено пошкодження згідно експертного висновку, після очищення від корозії, видалення сміття і вологи підлягають підсиленню шляхом наплавлення металу та приварювання додаткових елементів. Кам'яна частина стін штукатуриться або затирається, а потім фарбується. Металева димова труба Ø 800 мм і висотою 30 м, в металевому каркасі на фундаменті з монолітним залізобетонним ростверком [22].



Рис 1.1 Котельня з обладнанням

Техніко-економічні показники котельні

| № п/п | Найменування | Одиниця вимірювання | Величина |
|----------|--|------------------------|--------------|
| 1 | Розрахункова продуктивність котельні | Гкал/год (МВт/год) | 4,3(5,0) |
| 2 | Встановлена теплопродуктивність топкової по воді $t=95\div 70^{\circ}\text{C}$ | Гкал/год (МВт/год) | 4,3(5,0) |
| 3 | Річна виробка тепла | Гкал/рік(МВт/рік) | 16258(18954) |
| 4 | Річний відпуск тепла | Гкал/год (МВт/год) | 16258(18954) |
| 5 | Річне число годин використання встановленої теплопродуктивності | годин | 8424 |
| 6 | Річна витрата палива : твердого-щепи | т/рік | 21 270,6 |
| 7 | Питома витрата умовного палива на 1Гкал виробленого тепла | т.у.т./Гкал | 0,178 |

3.2. Підбір котельного обладнання.*Теплогенератор на біомасі*

В котельні прийнято котел сталевий водогрійний марки «СОМТЕ-R» СН450 ДТН-Р\3Р- продуктивністю 5,0 МВт, що працює на трісці, та призначений для теплопостачання споруд промислового та комунально-побутового призначення [22, 26].

Топка котла футерована вогнетривким бетоном. Топка разом із нижньою частиною котла створюють систему зводів, що забезпечує збільшення часу перебування димових газів у топці, що приводить до більш повного згорання, а також збільшення ККД котла та зменшення викидів за рахунок теплового випромінювання вогнетриву. Колосникова решітка вбудована в топку. Двері дозволяють здійснити ручний розпал і контролювати процес розвитку горіння й рухи колосникової решітки. Розташована в топці рухома колосникова решітка складається із чугунних вогнетривких

колосників, розташованих уступами, поперемінно рухомих і нерухомих. Кожний щабель складається із розташованих поперемінно плоских та опуклих колосників, що дозволяє досягнути в ході руху щабелів легкий поворотний рух колосників відносно один одного та забезпечити проходження палива по поду та очищення колосникової решітки від золи. Рухомі колосники забезпечують максимальне спалювання палива з високим ККД палива з різною вологістю вологістю.

Первинне повітря вдувається під колосникову решітку вентилятором. Розподіл шиберами дозволяє здійснити розподіл і регулювання витрати повітря по всій площі колосникової решітки. Вторинне повітря, призначене для повного згорання газів, надходить у топку на рівні вогнетривкого зводу. Котел складається з конвективної частини з димогарними трубами, з'єднаної з вертикальними стінками водяної сорочки, розташованими навколо топки і трубчастого екрану, що з'єднує низ конвективної частини з вертикальними стінками. Цей екран становить камеру згорання котла, місце, де проходить перший потік димових газів. Для очищення конвективної поверхні нагрівання (димогарних труб) передбачена система їхньої продувки стисненим повітрям, що здійснює продувку труб.

В разі вимкнення електроенергії в теплообміннику котла передбачено теплообмінник безпеки. В цей теплообмінник подається вода із міської водопровідної системи, що дозволяє передавати теплову енергію та видалення води із котла з температурою максимум 30 °С.

Після котла, димові гази проходять через мультициклон, де відбувається видалення великих частинок пилу із димових газів. Від мультициклона димові гази направляються в електрофільтр. В електрофільтрі димові гази очищаються та за допомогою шнека пил (зола) видаляється із електрофільтру в транспортер видалення золи із котельні в контейнери-причепи для золи.

Контейнери вивозяться транспортом. Повністю закрита система видалення золи виключає попадання пилу в навколишнє середовище та приміщення котельні. Від електрофільтра димові газу димососом виводяться в димову трубу Ø 800мм висотою 30 п\м [27].

Таблиця 3.2

Технічна характеристика котла «СОМТЕ-R» СН450 ДТН-Р\ЗР

| № п/п | Найменування параметрів | Одиниця виміру | Значення |
|-------|---|----------------|---|
| 1 | Теплопродуктивність | кВт | 5000 |
| 2 | Коефіцієнт корисної дії | %, не менше | 90 (при вологості палива 50% на загальну вагу) |
| 3 | Вид палива | | тріска – довжиною до 100мм |
| 4 | Максимальна витрата палива | кг\год | 2525 (при вологості палива 50% на загальну вагу) |
| 5 | Відносна вологість палива | % | 20-55 (на загальну вагу) |
| 6 | Зольність сухого палива | % | ≤ 2 |
| 7 | Температура продуктів згорання вихід. газів | ° С, не більше | 130 |
| 8 | Максимальна температура води на виході | ° С, не більше | 110 |
| 9 | Розрахункова температура на вході | ° С | 70 |
| 10 | Робочий тиск | бар | 6 |
| 11 | Об'єм води в котлі | л | 16500 |
| 12 | Об'єм топки | м3 | 32 |
| 13 | Розміри котла | | |
| | - довжина | мм | 7000 |
| | - ширина | мм | 3600 |
| | - висота | мм | 7400 |
| 14 | Термін служби котла | рік | 20 |

Система подачі палива

Цільна деревина автотранспортом доставляється до котельні: машини з цільною деревиною зважуються на автоваги, потім заїжджають на майданчик розвантаження. З майданчика розвантаження цільна деревина подається на подрібнювач деревини HG 400E продуктивність 40 м³/год розрахунок при ручному завантаженні, при використанні механічної загрузки продуктивність буде складати більше 40 м³/год. Максимальний діаметр завантажуючої деревини до 400 мм. Потім вихідний матеріал щепи транспортером подається на екстрактор - «рухома підлога». Максимальний об'єм складування - 300 м³.

Екстрактор марки ERN-VP-STD складається:

- 1) З нерухомої частини (яка складається із листа, що покриває підлогу складу палива, нерухомих шкребків, які передбачені для уникнення повернення палива(щепи) під час роботи рухомої частини;
- 2) З рухомої частини, яка розташована над нерухомою частиною , та направляючою центральною балкою з гідроциліндром.

Із екстрактора – паливо попадає на транспортер подачі палива до котла.

Транспортер складається із:

- 1) З двох тягових бічних пластинчастих ланцюгів , з'єднаних металевими лопатками;
- 2) З закритого каркасу з ребрами жорсткості;
- 3) Мотор-редуктор управління.

Транспортер перерізом 700x450мм дозволяє забезпечити проходження палива заданих розмірів ($3,15 \leq P \leq 31,5$ мм). Транспортер легко обслуговується так як складається із з'ємних деталей.

Транспортером подачі палива, паливо падається в приймальний бункер котла для спалювання.

Бункер складає резерв палива, забезпечуючи наповнення штовхача при кожному циклі паливоподачі.

Розміри бункеру: вхідний переріз- 900x900мм; вихідний переріз – 1100x560мм; загальна висота – 1050 мм. Із накопичувального бункеру пневмоштовхачем паливо подається в топку котла. Пневмоштовхач складається із сталюого механозварного каналу, що знаходиться на опорах, в середині якого рухається поршень –штовхач. В положенні «очікування» поршень закриває доступ до бункеру, щоб уникнути зворотнього ходу полум'я.

Система шлакозоловидалення

Система шлакозоловидалення включає сукупність технологічних процесів і обладнання, спрямованих на ефективне збору, транспортування та утилізацію шлаку і золи, які утворюються при спалюванні палива в котлах, печах або інших енергетичних установках. До основних елементів системи належать механічні транспортери (шнекові, стрічкові, гвинтові), пневматичні установки для переміщення золи по трубопроводах, а також спеціалізовані камери для охолодження та збору шлаку. Вона забезпечує безперервний відведення золи, запобігаючи її накопиченню в котлі та інших частинах установки. Система також включає установки для фільтрації та зниження пилу, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище. На завершальних етапах золу утилізують.

Механічний транспортер: механічний транспортер працює на принципі обертання гвинтової спіралі (шнека), встановленої в трубі або каналі. Коли шнек починає обертатися, він захоплює матеріал, що знаходиться на вході, і переміщає його вздовж труби або каналу до виходу. Обертання шнека створює поступальний рух, який перешкоджає матеріалу зупинятися або утримуватися в транспортуючій частині. Шнековий транспортер часто використовується для транспортування сипких, матеріалів, таких як зола, та відходи. Завдяки конструкції шнека, матеріал рухається під

впливом постійного натиску, що забезпечує ефективне переміщення навіть у горизонтальних або похилих каналах.



Рис 3.2 Механічний транспортер (шнековий)

Система очищення та відведення димових газів

Всі промислові гази – як відхідні, так і технологічні – передаються газоходами чи трубопроводами, які можуть постачатися з відповідними газоочисними пристроями [21]. Очищення димових газів та приведення викидів до нормально допустимих рівнів є важливим аспектом охорони навколишнього середовища. Це процес, за допомогою якого викиди забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту, оксиди сірки та інші, піддаються очищенню від шкідливих речовин перед їх викидом у атмосферу. В цю систему входить таке обладнання:

1) Мультициклон ЦБ16 - батарейний механізм, виготовляється для застосування в комплекті з установками з опалення та котельними установками. Пристрій забезпечує високу ефективність очищення та усуває можливість виведення забруднених димових газів у навколишнє середовище. Найчастіше пристрій використовують на промислових котельних установках, та фабриках.

Застосування циклонів поширене для очищення газів від певного типу забруднень: золи, вугільний пил, незлипаючий пил. У промислових котлах відбувається процес згоряння твердого палива, під час якого менша частина відходів (порошкова зола) виходить з обладнання разом із димовим газом і потрапляє в атмосферу. Щоб уникнути процесу забруднення довкілля під час цих технологічних процесів, як правило, використовують або батарейний циклон, або золовловлювач. У такому разі встановлення мультициклону ЦБ 16 підходить для котельних установок із продуктивністю різних рівнів, встановлення проходить на виході стопки котла - перед димососом.

Таблиця 3.3

Технічні характеристики мультициклону

| Параметр | Значення |
|---------------------------------|----------------------------|
| Ступінь очищення повітря | 80% - 92% |
| Продуктивність | 6500 м ³ /Год |
| Максимальний тиск | 4 Па (кгс/м ³) |
| Висота | 3095 мм |
| Аеродинамічний опір | 100 кгс/см ² |
| Запиленість газів, що надходять | 600 г/м ³ |
| Швидкість потоку повітря | 20-25 м/с |
| Робоча температура | до 300 °С |
| Вага | 1670 кг |



Рис 3.3 Схема мультициклону

2) Електрофільтр ЕВ1-7,5-2×10: технологічний апарат для вловлювання та видалення пилу, завислого у газовому середовищі. Електрофільтри призначені для уловлювання пилу з розмірами часток до 0,1 мкм з повітря і газів різного хімічного складу, вологості і температури.

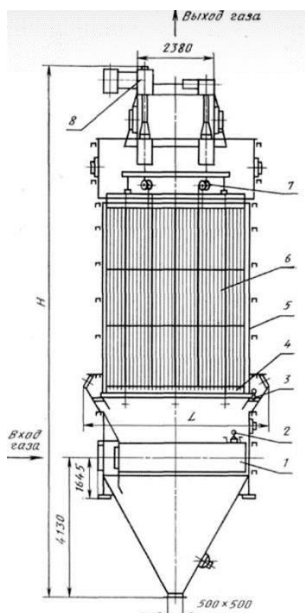


Рис 3.4 Схема електричного фільтра

1 - газорозподільник; 2 - механізм струшування газорозподільника; 3 - механізм струшування осаджувальних електродів; 4 - осаджувальний електрод; 5 - корпус; 6 - коронувальний електрод; 7 - механізм струшування коронувальних електродів; 8 - захисна коробка для підведення струму.

Таблиця 3.4

Технічна характеристика електрофільтра

| Типорозмір електрофільтра | Продуктивність за очищенням газом (за швидкості 1 м/с), м ³ /год | Площа поверхні осадження, м ² | Габаритні розміри, мм | Маса внутрішнього механічного обладнання, кг |
|---------------------------|---|--|-----------------------|--|
| ЕВ1-7,5-2×10 | 74 500 | 1080 | 5300×20150×6880 | 27137 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Кваліфікаційна робота

Аркуш

82

4) Димосос марки Д-5, 2,2 кВт: Основна функція димососа полягає в ефективному відведенні димових газів від котельних агрегатів. Крім того, він забезпечує аспірацію, вентиляцію і видалення забрудненого повітря, що особливо важливо для промислових підприємств.

Таблиця 3.5

Технічна характеристика димососа

| Характеристика | Значення |
|---|--|
| Повне тиск при max КПД (Па) | 608 |
| Повне тиск в робочій зоні (Па) | 510-451 |
| Продуктивність при max КПД (тис м ³ /год) | 2.76 |
| Продуктивність в робочій зоні (тис м ³ /год) | 0.58-5.51 |
| Типорозмір вентилятора | 5 |
| Конструктивне виконання | 1 |
| Мощність двигуна (кВт) | 2.2 |
| Частота обертання (об/хв) | 1000 |
| Частота обертання робочого колеса (об/хв) | немає |
| Температура середовища до (°С) | 80 |
| Призначення вентилятора | ОН – загального призначення з двигуном загальнопромисловим |
| Коефіцієнт робочого колеса | 1 (Dн) |
| Виконання за матеріалом | ст3 |
| Напрямок обертання | Пр |
| Кут повороту корпусу | 90 |
| Виконання двигуна | 1081 (Лапи) |
| Кліматичне виконання, категорія розміщення | У2 |
| Наявність двигуна | з двигуном |
| Наявність направляючого апарату | з направляючим апаратом |
| Маса вентилятора (кг) | 183 |

Димосос також може використовуватися для відведення газів від різних технологічних установок, роблячи його універсальним рішенням для багатьох виробничих процесів. У санітарно-виробничих цілях він сприяє підтримці сприятливих умов на виробничих ділянках.

5) Димова труба \varnothing 800мм висотою 30 м: Основним призначенням димових труб є відведення газів (продуктів згорання палива в топці). Разом з ними через трубу видаляються дим, сажа, попіл і кіптява, які, при неправильному формуванні внутрішньої поверхні димоходу, можуть осідати на його стінках, утруднюючи надалі проходження газів. Щоб цього не сталося, необхідно робити внутрішню поверхню димохідних труб якомога рівнішою і гладкою, без вибоїн, щілин і виступів, щоб сажі і кіптяві не було за що «зачепитися». Але неприпустимо вирівнювати внутрішню частину димової труби глиною, тому що вона погано проводить тепло і може викликати появу конденсату та підвищеної вологості в трубі, що в підсумку може призвести до погіршення циркуляції повітря (тяги).

3.3. Матеріальний баланс процесу горіння біопалива

Вихідні дані: Деревне паливо (щепи, стружка, тирса) [18], наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Розрахункові характеристики робочої маси твердого палива

| Склад сухої маси, % | | | | | | | |
|---|-------|-------|-----------|---------|---------|---------------|-------|
| C^d | H^d | N^d | O^d | S_p^d | S_o^d | A^d | W^d |
| 50 | 6,3 | 0,2 | 41,5 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Склад робочої маси, % (W=20%) -1 варіант | | | | | | | |
| C^r | H^r | N^r | O^r | S_p^r | S_o^r | A^r | W^r |
| 40 | 5,04 | 0,16 | 33,2 | 0 | 0 | 1,6 | 20 |
| Q_H^r , МДж/кг | | | A^d , % | | | V^{daf} , % | |
| 14,62 | | | 2 | | | | |

| Склад робочої маси, % (W=55%) -2 варіант | | | | | | | |
|---|-------|-------|-----------|---------|---------|---------------|-------|
| C^r | H^r | N^r | O^r | S^r_p | S^r_o | A^r | W^r |
| 22,5 | 2,84 | 0,09 | 18,67 | 0 | 0 | 0,9 | 55 |
| Q^r_H , МДж/кг | | | A^d , % | | | V^{daf} , % | |
| 7,14 | | | 2 | | | | |

Примітка. Q^r_H – нижча теплота згоряння, МДж/кг; A^d – зольність на суху масу, %; V^{daf} -вихід летких речовин, %.

Розрахунок теоретичного і дійсного об'ємів дуттьового повітря

Мінімально необхідний (теоретичний) об'єм сухого повітря (приблизно 21 % O_2 по об'єму повітря) для повного згоряння 1 кг твердого палива (при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha=1$), m^3/kg , дорівнює:

$$V_0^H = 0,0889(C^r + 0,375 \cdot S^r_{p+o}) + 0,265 \cdot H^r - 0,033 \cdot O^r. \quad (3.1)$$

$$1) V_0^H = 0,0889(40+0,375)+0,265 \cdot 5,04-0,033 \cdot 33,2 = 3,82 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$2) V_0^H = 0,0889(22,5+0,375)+0,265 \cdot 2,84-0,033 \cdot 18,67 = 2,17 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

У практичних умовах спалювання по причині нерівномірного змішування повітря з паливом на горіння подається повітря з деяким надлишком. Тобто, дійсний об'єм повітря, V_n , m^3/kg , що поступає в зону горіння, визначається з урахуванням коефіцієнту його надлишку:

$$V_n = \alpha V_0^H = V_0^H + (\alpha - 1)V_0^H, \quad (3.2)$$

$$1) V_n^H = 3,82+(1,25 - 1) 3,82 = 4,77 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$2) V_n^H = 2,17+(1,25 - 1) 2,17 = 2,71 \text{ м}^3/\text{кг},$$

де $\alpha = 1,25$ – коефіцієнт надлишку повітря;

$(\alpha - 1)V_0^H$ – додаткове повітря при $\alpha > 1$, m^3/kg .

Розрахунок теоретичного і дійсного об'ємів продуктів згорання

Теоретичні об'єми продуктів згорання, отримані при повному згоранні з теоретично необхідною кількістю повітря (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=1$) за стехіометричними рівняннями з урахуванням відповідних компонентів в паливі і повітрі, м³/кг, визначають за наступними рівняннями:

- триатомних газів CO_2 та SO_2 :

$$V_{RO_2}^H = 0,01866(C^r + 0,375 \cdot S^{r+o}) \quad (3.3)$$

1) $V_{RO_2}^H = 0,01866 \cdot (40 + 0,375) = 0,753 \text{ м}^3/\text{кг}$

2) $V_{RO_2}^H = 0,01866 \cdot (22,5 + 0,375) = 0,426 \text{ м}^3/\text{кг}$

- азоту:

$$V_{ON_2}^H = 0,79 \cdot V_0^H + 0,008 \cdot N^r, \quad (3.4)$$

1) $V_{ON_2}^H = 0,79 \cdot 3,82 + 0,008 \cdot 0,16 = 3,019 \text{ м}^3/\text{кг}$

2) $V_{ON_2}^H = 0,79 \cdot 2,17 + 0,008 \cdot 0,09 = 1,715 \text{ м}^3/\text{кг}$

- водяної пари:

$$V_{OH_2O}^H = 0,111 \cdot H^r + 0,0124 \cdot W_t^r + 0,0161 \cdot V_0^H \quad (3.5)$$

$V_{OH_2O}^H = 0,111 \cdot 5,04 + 0,0124 \cdot 20 + 0,0161 \cdot 3,82 = 0,868 \text{ м}^3/\text{кг}$

$V_{OH_2O}^H = 0,111 \cdot 2,84 + 0,0124 \cdot 55 + 0,0161 \cdot 2,17 = 1,032 \text{ м}^3/\text{кг}$

Сумарний теоретичний об'єм продуктів згорання (при $\alpha=1$), м³/кг, дорівнює:

$$V_{ог}^H = V_{ог}^H + V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H \quad (3.6)$$

1) $V_{ог}^H = 0,753 + 3,019 + 0,868 = 4,64 \text{ м}^3/\text{кг}$

2) $V_{ог}^H = 0,426 + 1,715 + 1,032 = 3,17 \text{ м}^3/\text{кг}$

Розрахунок дійсних об'ємів продуктів згорання, м³/кг, твердого палива виконують наступним чином:

▪ повітря, яке подається на горіння, не містить в своїй структурі триатомних газів, тому від додаткового повітря (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 1$) не змінюється їх кількість:

$$V_{RO_2}^H = V_{\phi RO_2}^H \quad (3.7)$$

- 1) $V_{RO_2}^H = 0,753 \text{ м}^3/\text{кг}$
- 2) $V_{RO_2}^H = 0,426 \text{ м}^3/\text{кг}$

▪ двоатомних газів:

$$V_{N_2}^H = V_{0N_2}^H + (\alpha - 1)V_0^H \quad (3.8)$$

- 1) $V_{N_2}^H = 3,019 + (1,25-1)3,82 = 3,974 \text{ м}^3/\text{кг}$
- 2) $V_{N_2}^H = 1,715 + (1,25-1)2,17 = 2,257 \text{ м}^3/\text{кг}$

▪ водяної пари:

$$V_{H_2O}^H = V_{0H_2O}^H + 0,0161(\alpha - 1)V_0^H \quad (3.9)$$

- 1) $V_{H_2O}^H = 0,868 + 0,0161(1,25-1)3,82 = 0,883 \text{ м}^3/\text{кг}$
- 2) $V_{H_2O}^H = 1,032 + 0,0161(1,25-1)2,17 = 1,040 \text{ м}^3/\text{кг}$

Повний (дійсний) об'єм продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{кг}$, при спалюванні 1 кг твердого палива за подачі дійсного об'єму повітря ($\alpha > 1$) при нормальних умовах визначають за рівнянням:

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{N_2}^H + V_{H_2O}^H \quad (3.10)$$

- 1) $V_{\Gamma}^H = 0,753 + 3,974 + 0,883 = 5,61 \text{ м}^3/\text{кг}$.
- 2) $V_{\Gamma}^H = 0,426 + 2,257 + 1,040 = 3,72 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Визначення розрахункової нижчої теплоти згорання твердого палива

Нижчу теплоту згорання твердого палива, $Q_{\text{н}}^{\Gamma}$ кДж/кг, можна з наближенням визначити за елементарним складом за емпіричною формулою Д.І. Менделєєва:

$$Q_{\text{н}}^{\Gamma} = 339 \cdot C^{\Gamma} + 1025 \cdot H^{\Gamma} - 108,5(O^{\Gamma} - S_{\text{p+o}}^{\Gamma}) - 25 \cdot W^{\Gamma} \quad (3.11)$$

- 1) $Q_{\text{н}}^{\Gamma} = 339 \cdot 40 + 1025 \cdot 5,04 - 108,5 \cdot 33,2 - 25 \cdot 20 = 14624 \text{ кДж/кг}$
- 2) $Q_{\text{н}}^{\Gamma} = 339 \cdot 22,5 + 1025 \cdot 2,84 - 108,5 \cdot 18,67 - 25 \cdot 55 = 7137 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Розрахунок витрати біопалива

Витрату палива, B , кг/с, визначають за рівнянням:

$$B = \frac{10^5 \cdot 3,6 \cdot Q_{\text{ТГ}}}{Q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{ЗВ}}} \quad (3.12)$$

$$B = \frac{10^5 \cdot 3,6 \cdot 5}{14,62 \cdot 90} = 1362 \text{ кг/год}$$

Розрахункова витрата палива, B_p , кг/с, для визначення об'ємів дуттьового повітря і продуктів згоряння дорівнює:

$$B_p = B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (3.13)$$

$$B_p = 1362 \left(1 - \frac{14,7}{100}\right) = 1161 \text{ кг/год}$$

Отримані величини параметрів теплогенератора порівнюємо на відповідність з нормативними величинами за чинними стандартами для відповідного класу і теплової потужності теплогенератора.

Основні теплотехнічні показники роботи водогрійного твердопаливного теплогенератора внесено до витягу з протоколу випробування з оцінки відповідності

Розрахунок об'єму продуктів згоряння

Розрахунок виконується з метою визначення кількості продуктів спалювання твердого палива, а також початкової концентрації твердих частинок в ній. У подальшому, отримані результати використовуються при виконанні розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосфері та при розрахунку і підборі очисних апаратів першого та другого ступенів.

Загальна кількість відхідних газів при нормальних умовах, V_c , м³/год, за формулою:

$$V_c = B_p \cdot V^{\text{н}} \quad (3.14)$$

$$V_c = 1330 \cdot 5,61 = 7461 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $V^{\text{н}}$ - об'єм продуктів згоряння, м³/кг; $V^{\text{н}} = 5,61 \text{ м}^3/\text{кг}$.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ЗМІННОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ЗА НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Студент /Федорець І.І./

Консультант /Сенчук М.П./

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 89 |

4.1. Особливості опалення виробничих приміщень.

Виробничі приміщення промислового об'єкту мають здебільшого різне функціональне призначення, з якими пов'язані відмінні тепловологісні умови, змінні протягом доби теплонадходження і тепловтрати, категорії виконуваних робіт тощо. Такий стан потребує проектування інженерних систем, в тому числі внутрішнього теплопостачання, з гнучким керуванням забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Проектування внутрішнього теплопостачання (опалення, теплопостачання повітрянагрівачів систем вентиляції тощо) промислових будівель і споруд виконується згідно з вимогами нормативних документів з урахуванням вимог технологічного процесу виробництва. При проектуванні промислового опалення на відміну від опалення житлових, громадських чи адміністративних будинків потрібно враховувати такі особливості [30]:

Вибір виду системи опалення залежить від функціонального призначення і категорії приміщень, характеру технологічного процесу, наявності чи відсутності виділення горючого або негорючого пилу та аерозолів, а також ядовитих речовин, виду джерела теплової енергії та ін.

За величини теплонадлишків менше ніж 23 Вт/м^3 у виробничих приміщеннях проектують різні системи опалення. Перспективними для забезпечення енергоефективного опалення є комбіновані системи опалення, які складаються з постійно діючої фонові системи для часткового обігрівання та періодично працюючої догрівуючої системи.

Наявність на одному підприємстві приміщень з різними температурно-вологісними умовами та відмінними режимами їх використання, а також різними співвідношеннями теплових потужностей на опалення в основний та черговий режимі роботи передбачає проектування системи опалення з незалежними по регулюванню вітками, які обслуговують декілька або окремі приміщення.

Для опалення приміщень у неробочий час або під час перерв їх використання проєктують чергові системи з використанням основних опалювальних систем шляхом зменшення чи збільшення їх потужності, або в складі комбінованих систем опалення;

У холодний період року в опалюваних виробничих приміщеннях упродовж періоду їх невикористання потрібно знижувати внутрішню температуру повітря, але не більше ніж на 4 °С від нормованої температури не нижче 5 °С. При цьому забезпечувати до початку використання приміщення або до початку роботи відновлення нормованої температури;

Розрахунки теплового балансу приміщень потрібно виконувати з урахуванням витрати теплоти на нагрівання обладнання, виробів і матеріалів при переході з чергового на робочий режим використання приміщення та теплонадходження за їхнього остигання при переході з робочого на черговий режим.

Також потрібно враховувати вплив на тепловий режим приміщень протягом доби нестационарних втрат чи надходжень теплоти, наприклад, надходження ззовні у приміщення матеріалів чи виробів тощо.

Тепловий баланс приміщень визначають величиною $\pm\Delta\Phi Q$, кВт, рівною різниці між сумарними величинами надходження теплоти $\Sigma\Phi_{тепл}$, кВт, та втратою теплоти $\Sigma\Phi_{втр}$, кВт, в приміщенні при нормованій температурі внутрішнього повітря:

$$\pm\Delta\Phi Q = \Sigma\Phi_{тепл} - \Sigma\Phi_{втр}, \quad (4.1)$$

Витрата теплоти на нагрівання обладнання, матеріалів тощо $\Phi_{Q_{обл}}$, Вт, за змінного теплового режиму приміщення (підвищення внутрішньої температури повітря при переході з чергового режиму до робочого):

$$\Phi_{Q_{обл}} = 0,278 \cdot G_{обл} c_{обл} (\theta_{int,i} - \theta_{int,iч}) \beta_n, \quad (4.2)$$

де $G_{обл}$ – маса обладнання, кг; $c_{обл}$ – середня питома теплоємність матеріалу обладнання, кДж/(кг·°С); $\theta_{int,iч}$ – розрахункова внутрішня

температура повітря під час роботи чергової системи опалення, °С; β_n – у випадку тривалості робочого часу не менше ніж три години $\beta_n = 1$.

За формулою (4.2) також розраховують надходження теплоти від остигання обладнання, матеріалів тощо за зниження внутрішньої температури повітря при переході з робочого на черговий режим використання приміщення

Розглянуто варіанти застосування комбінованих систем для опалення виробничих приміщень механічно-складального цеху з метою оптимізації їх експлуатації в робочий та черговий періоди використання за умов нестационарного теплового режиму. Передбачено забезпечення нормативних внутрішніх температур в робочий час, а за чергового періоду використання – температур внутрішнього повітря на 4 °С нижче за нормативні.

4.2. Аналіз змінного режиму внутрішнього теплопостачання та застосування у виробничих приміщеннях комбінованих систем опалення.

Аналіз змінного режиму внутрішнього теплопостачання та застосування комбінованих систем опалення у виробничих приміщеннях стає все більш актуальним у сучасних умовах, коли енергоефективність є пріоритетом. В умовах виробничих приміщень, де температурні режими можуть значно коливатися в залежності від типу робіт, кількості працюючих людей, наявності технологічного обладнання, доцільно використовувати системи опалення, які дозволяють регулювати подачу тепла відповідно до реальних потреб. Змінний режим теплопостачання передбачає зміну інтенсивності теплових потоків у залежності від погодних умов, часу доби та активності у приміщенні. Це дозволяє знижувати енергоспоживання, забезпечуючи комфортні умови. Комбіновані системи опалення поєднують різні методи подачі тепла, наприклад, теплові завіси, радіаторне та повітряне опалення [32].

Такий підхід дозволяє створити зонування теплових потоків, тобто забезпечити потрібний рівень тепла саме в тій частині приміщення, де це необхідно. Завдяки цьому можна знизити витрати на опалення, оскільки інші зони не потребуватимуть надмірного обігріву. У перспективі використання комбінованих систем у поєднанні з автоматизованим регулюванням теплопостачання може стати стандартом для багатьох виробничих підприємств. Це дозволяє значно підвищити ефективність енергоспоживання та зменшити викиди, що позитивно впливає як на економічні показники підприємства, так і на екологічну ситуацію в цілому.

В роботі наведено розрахунковий аналіз змінного режиму роботи механічно-складального цеху який включає такі приміщення: 1 – верстатне, 2 – збірне, 3 – нікелювальне, 4 – шліфувальне відділення.

Для місця будівництва м. Чернівці розрахункові параметри зовнішнього повітря: розрахункова зовнішня температура $\theta_e = -20$ °С, середня за опалювальний період температура $\theta_{опал} = 0,5$ °С, тривалість опалювального періоду $Z_{опал} = 179$ діб, температурна зона - II. Результати розрахунку теплового балансу приміщень відділень різного технологічного призначення наведено у табл. 1: 1 – верстатне, 2 – збірне, 3 – нікелювальне, 4–шліфувальне відділення. Витрати теплоти на нагрівання технологічного обладнання, виробів, матеріалів при переході використання приміщення з чергового на робочий періоди та відповідно надходження тепла при остиганні – з робочого на черговий складають для відділень, Вт: 1 – 11130, 2 – 1270, 3 – 310, 4 – 1280.

За технологією виробництва передбачено завезення ззовні на початку робочого дня комплектуючих і матеріалів та вивезення готових виробів з верстатного та збірного відділень. Витрати теплоти на їх нагрівання відповідно складає: для верстатного відділення – 2300 Вт, для збірного відділення – 1100 Вт.

Тепловий баланс та теплова потужність на опалення виробничих приміщень

| № пр | Робочий /неробочий час | | | | |
|------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | $t_6, ^\circ\text{C}$ | $\sum\Phi_{\text{втр}}, \text{кВт}$ | $\sum\Phi_{\text{теп}}, \text{кВт}$ | $\Delta\Phi, \text{кВт}$ | $\Phi_{\text{нл}}, \text{кВт}$ |
| 1 | 20/16 | 42,1/26,3 | 67,6/11,1 | -/15,2 | 0/15,9 |
| 2 | 19/15 | 10,5/6,9 | 3,6/1,2 | 6,8/5,7 | 7,2/5,9 |
| 3 | 18/14 | 9,6/7,9 | 5,3/0,3 | 4,3/7,6 | 4,5/8,0 |
| 4 | 18/14 | 9,5/6,6 | 3,3/1,2 | 6,1/5,3 | 6,4/5,7 |

На рисунках 1 і 2 наведено графіки зміни величин теплової потужності для комбінованої системи протягом доби опалення відповідно збірного відділення та нікелювального відділення. Прийнято, фонові системи – водяні (регістри з гладких труб розміщені під вікнами), а догрівачі – електричні з інфрачервоними випромінювачами з температурою поверхні не вище 250 °С. Передбачено автоматичне регулювання теплового потоку фонові та чергової систем за погодними умовами (тобто без терморегуляторів на опалювальних приладах), а догрівачої системи – з автоматичним регулюванням за усередненою температурою внутрішнього повітря приміщення. Для опалення збірного відділення запропоновано два варіанти комбінації фонові і догрівачої систем з різним співвідношенням за їх тепловою потужністю. У першому випадку запропоновано потужність фонові системи прийнято на рівні найменшого теплового навантаження протягом доби для комбінованої системи, а в другому – на рівні потрібної теплової потужності в черговий період використання приміщення. У цьому випадку у проміжку від 17 до 20 години є додаткові теплонадходження у приміщення, які підвищують внутрішню температуру вище нормативної.

На рис. 4.2 потужність фонові системи прийнято на рівні потрібного теплового навантаження в робочий час, а потрібну додаткову величину теплового навантаження в черговий період компенсує догрівуюча система

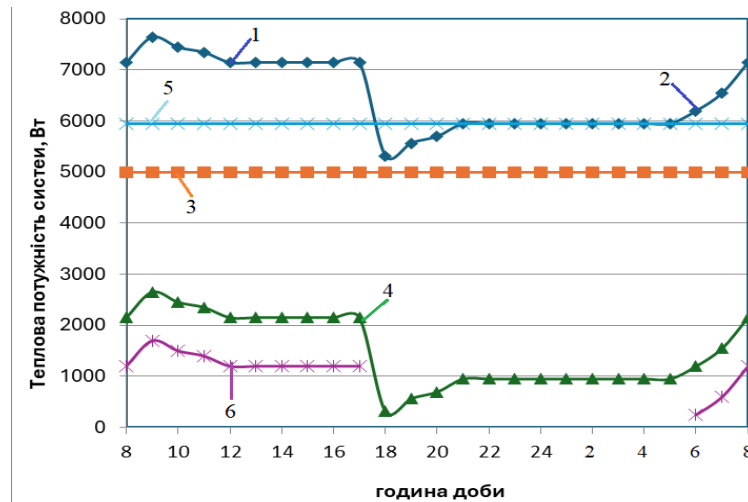


Рисунок 4.1 Зміни теплової потужності протягом доби систем збірного відділення; 1, 2 – комбінованої в робочий (8-17 години) та черговий (18-24-8 години) використання приміщення; 3, 5 – фонові (I та II варіанти)); 4, 6 – догрівуючої (I та II варіанти)

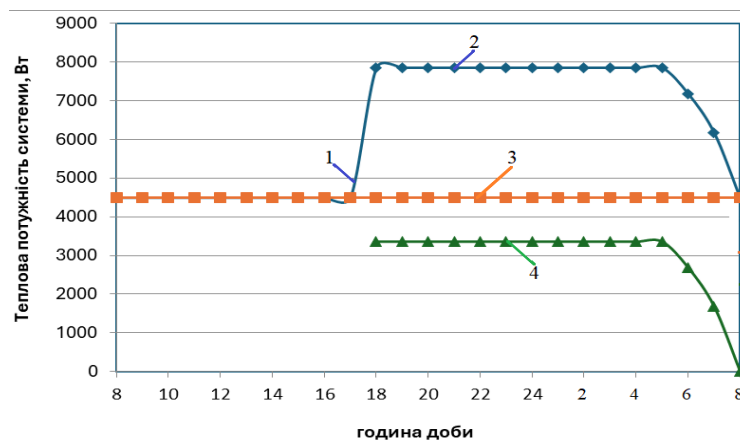


Рисунок 4.2 Зміни теплової потужності протягом доби систем нікелювального відділення: 1, 2 комбінованої в робочий (8-17 години) та черговий (18-24-8 години) використання приміщення; 3 – фонові; 4 – догрівуючої

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

5.1. Технології монтажу систем внутрішнього теплопостачання

Технології монтажу систем внутрішнього теплопостачання включають кілька етапів, починаючи від проєктування та вибору відповідних матеріалів до безпосередньої установки обладнання та монтажу. Першим кроком є розробка проєкту, де визначаються місце розташування трубопроводів, радіаторів, котла та інших елементів системи, а також визначаються технічні параметри, такі як потужність, тип теплоносія та необхідні матеріали. Далі здійснюється вибір матеріалів для трубопроводів, які можуть бути металевими, металопластиковими або поліпропіленовими, а також для регулювальної та запірної арматури [35].

Монтаж трубопроводів здійснюється за допомогою різних методів, таких як зварювання, фітингова або пресова техніка для з'єднання труб тощо. Важливою частиною є монтаж радіаторів, які можуть бути встановлені як на стіні, так і під підлогою, залежно від проєкту.

Підключення котла до системи також потребує точного дотримання інструкцій для забезпечення безпеки і ефективності роботи. Після монтажу проводиться перевірка герметичності всіх з'єднань, тестування системи під тиском і, за необхідності, її налаштування для оптимальної роботи. Важливою складовою є теплоізоляція трубопроводів, що знижує теплові втрати та забезпечує ефективність роботи системи [33].

Монтаж та підготовка до роботи тепловентилятора АОВ

Під час встановлення агрегата потрібно забезпечити вільний потік повітря з приміщення до всмоктувального колектора вентилятора. Для цього необхідно витримати відстань від стіни чи стелі до агрегата не менше 300 мм. Агрегат повинен бути змонтований у такий спосіб, щоб забезпечити доступ для проведення робіт із обслуговування або ремонту. Агрегат може бути спроектовано для монтажу на стінах або іншій вертикальній поверхні, а також на стелі за допомогою кронштейнів. Під час підключення теплообмінника до водяної магістралі повинні бути виключені будь-які навантаження, що призводять до механічних ушкоджень та порушення герметичності. Підведення трубопроводу слід здійснювати таким чином, щоб під час проведення ремонтних робіт була можливість їх швидко від'єднати. На вході теплоносія у теплообміннику повинен бути встановлений грязьовий фільтр.

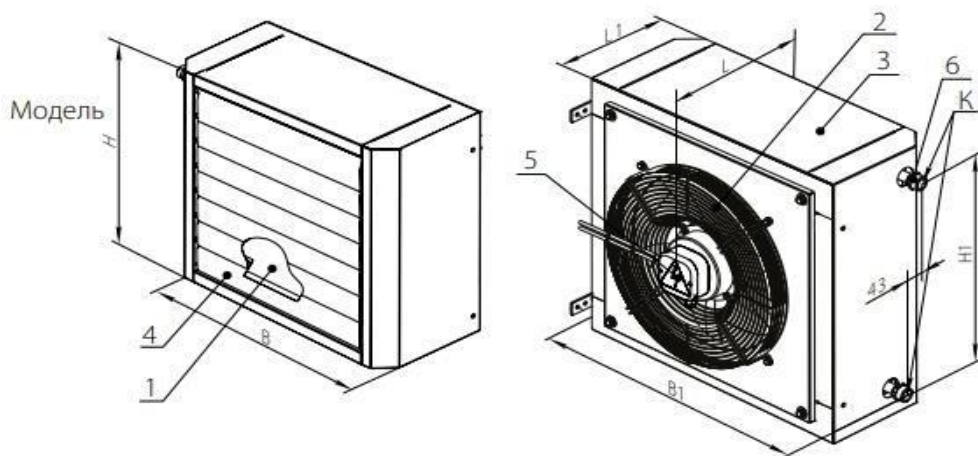


Рис 5.1 Схема тепловентилятора АОВ: 1- теплообмінник, 2- осьовий вентилятор із захисною решіткою, 3- корпус виробу, 4- жалюзі, 5- клемна коробка, 6- патрубки приєднувальні.

Різні варіанти встановлення агрегату за допомогою монтажної консолі МК-АОВ наведено на рис. 5.2 [40].

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Монтажна консоль МК-АОВ (до комплекту постачання не входить)
призначена для настінного або стельового монтажу агрегату.

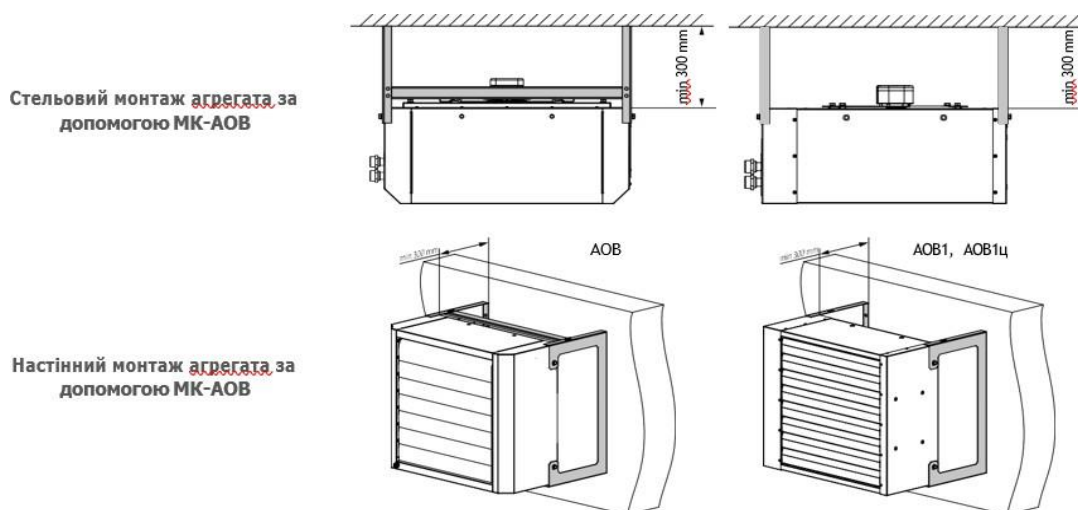
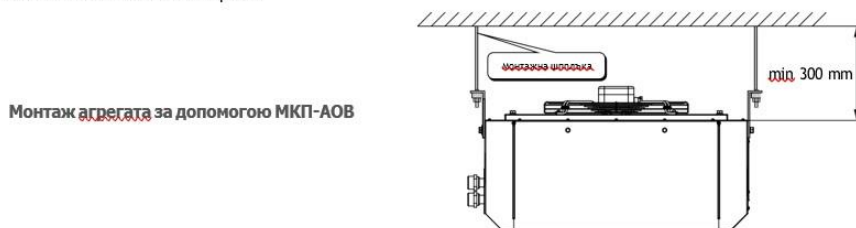


Рис 5.2 Встановлення повітронагрівача за допомогою монтажної консолі

ВСТАНОВЛЕННЯ АГРЕГАТА ЗА ДОПОМОГОЮ МОНТАЖНОГО КОМПЛЕКТУ МКП-АОВ

Монтажний комплект МКП-АОВ (до комплекту постачання не входить) дозволяє монтувати агрегат на стелю за допомогою монтажних шпильок або ланцюгів.



ВСТАНОВЛЕННЯ АГРЕГАТА ЗА ДОПОМОГОЮ МОНТАЖНОЇ КОНСОЛІ МКУ-АОВ

Монтажна консоль МКУ-АОВ (до комплекту постачання не входить) призначена для настінного або стельового монтажу. Також консоль МКУ-АОВ дозволяє монтувати агрегат на стіну або стелю під кутом 30° та 45°.

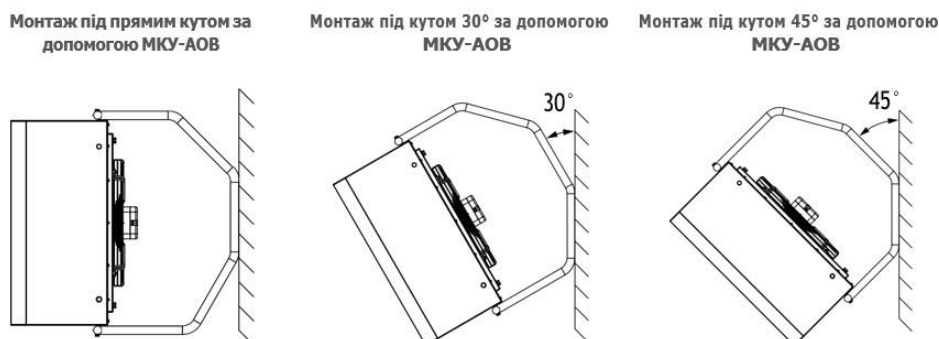


Рис. 5.3 Варіанти встановлення тепловентилятора

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Кваліфікаційна робота

Аркуш

99

Технічне обслуговування тепловентилятора

Технічне обслуговування виробу дозволене лише після його відключення від мережі електроживлення.

У процесі експлуатації необхідно систематично проводити профілактичні роботи. Очищення алюмінієвого орєбрення від пилу, який накопичився, рекомендовано проводити один раз на рік. Видаляти пил з пластин орєбрення потрібно вологою ганчіркою або пилососом. У разі дотримання достатньої чистоти у приміщенні очищення орєбрення можна проводити рідше, у міру фактичного забруднення виробу.

Технічне обслуговування передбачає коригування напрямку струмینی повітря (рис. 5.4) відповідно до проєктних рішень.

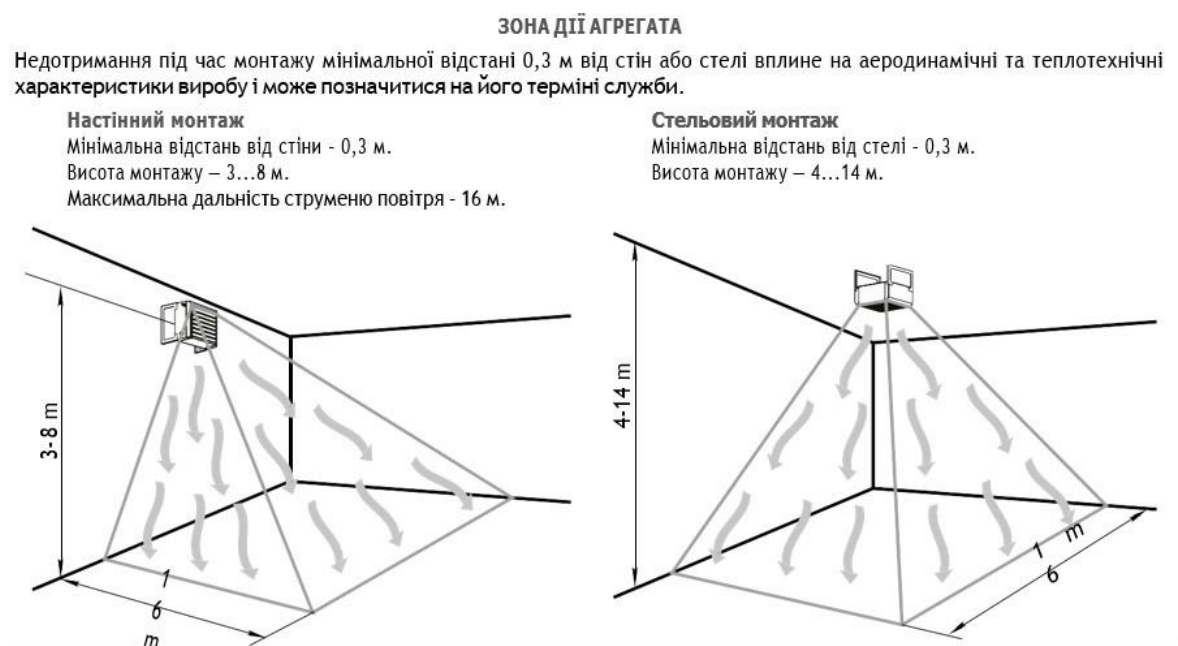


Рис. 5.4 Зона дії тепловентилятора

Технологія монтажу опалювальних приладів

У виробничих приміщеннях промислових підприємств в якості опалювальних приладів реєстри із гладких труб, які мають ряд переваг у застосуванні порівняно з радіаторами сталевими чи чавунними.

Нижче наведено рекомендовані схему приєднання трубного реєстра в черговій або фоновій системах опалення виробничих приміщень (рис. 5.5). У схемі для системи опалення основного режиму роботи потрібно передбачати терморегулятори на вході теплоносія в реєстр.

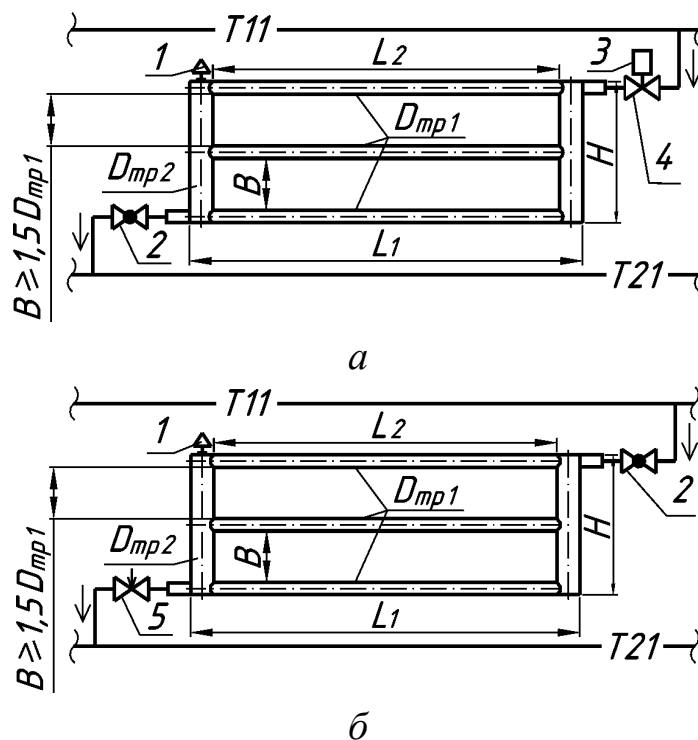


Рис. 5.5. Принципова схема опалювального приладу з гладких труб(реєстра)

а – для основної системи опалення; б – для чергової або фоновій системи опалення:

1 – клапан повітроспускний; 2 – кран кульовий (експлуатується зі знятим маховиком); 3 – головка термостатична із захистом від несанкціонованого демонтажу та із заблокованою настройкою температури; 4 – клапан термостатичний з попереднім налаштуванням; 5 – клапан балансувальний

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Кваліфікаційна робота

Аркуш

101

На даний час промисловий ринок пропонує різні типи трубних реєстрів, які можна розділити на змієвикові і секційні. На рис. 5.6 та рис. 5.7 наведено найпоширеніші конструкції реєстрів із гладких труб.

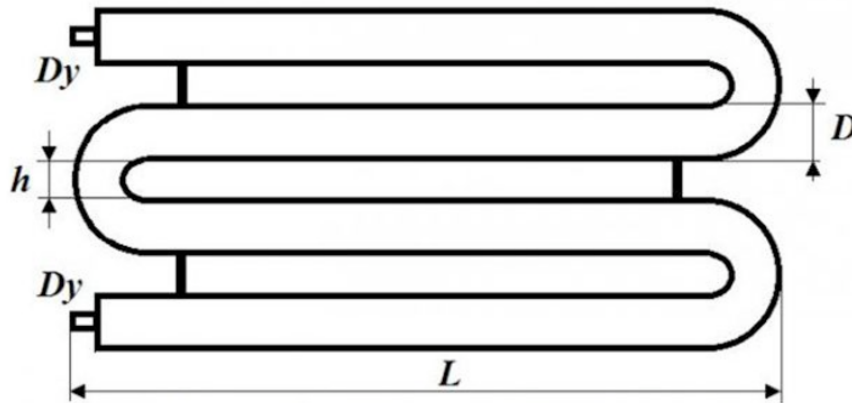


Схема 5.6 Схема змієвикового реєстра.

Змієвикові реєстри виготовляють з декількох ділянок труб, з'єднаних дугами або спеціальними відводами. Діаметр всієї конструкції повинен бути однаковим. У підсумку виходять вироби з кількома вигинами. Це досить ефективні прилади, адже в процесі теплообміну буде брати участь майже вся його поверхня. Складність виготовлення таких реєстрів полягає у необхідності спеціального обладнання для вигину труб.

Секційні реєстри з гладких труб виготовляють з одного або декількох елементів, кінці яких закривають спеціальними заглушками плоскої або еліпсоподібної форми. Відрізки труб розміщують горизонтально, а потім з'єднують по краях за допомогою патрубків. Перетин останніх повинно збігатися з магістральною трубою, яка подає теплоносій. Для збільшення коефіцієнта тепловіддачі патрубки розміщують максимально близько до країв. Існує кілька типів з'єднання труб, від яких залежить циркуляція теплоносія.

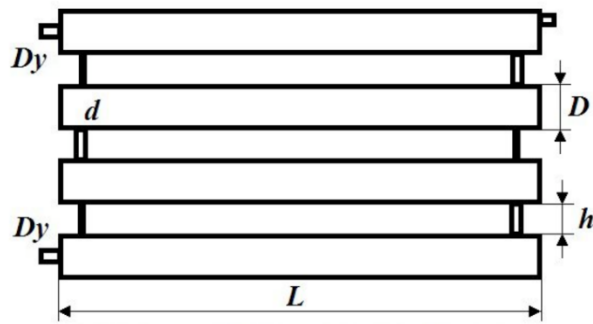


Схема 5.7 Схема секційного реєстра.

Основні конструкції з'єднують один з одним патрубками з двох кінців, тому теплоносій циркулює паралельно. Це непогано, але бувають ситуації, коли теплоносій рухається шляхом найменшого опору, внаслідок чого окремі елементи не нагріваються до необхідних показників.

Так, збільшується залежність конструкції від тиску і діаметра підведення труб. Особливість з'єднання «нитка» полягає в монтажі патрубків по краях у шаховому порядку. Весь теплоносій рухається по певній траєкторії послідовно по всій конструкції. Реєстр прогривається однаково в усіх ділянках. В обох випадках комутація патрубків з основними елементами реєстра здійснюється за допомогою зварювання. Секційна конструкція добре зарекомендувала в системі опалення з примусовою циркуляцією. Це обумовлено тим, що всередині контуру може виникати надмірний гідравлічний опір в процесі руху теплоносія через патрубки.

Особливості монтажу трубних реєстрів.

Монтаж реєстрів опалення здійснюється фахівцями, які мають досвід роботи в цій галузі та відповідну кваліфікацію. Під час проведення монтажних робіт використовуються кронштейни, до яких і кріпляться реєстри. За бажанням замовника продукція може додатково комплектуватися такими кріпильними елементами: кронштейни, стійки, опори, гаки (рис. 5.8)

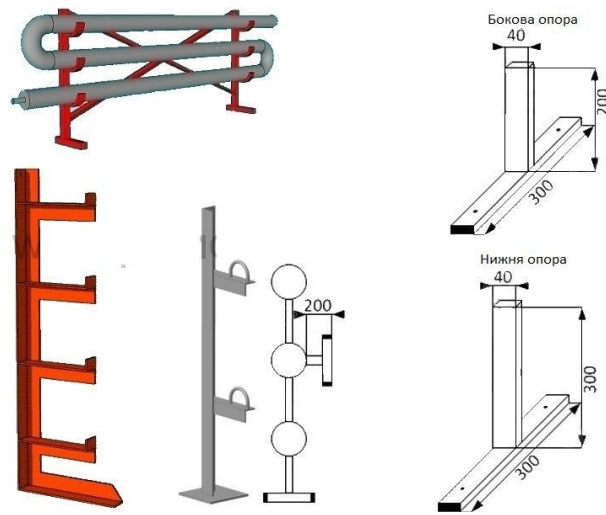


Схема 5.8 Схеми кріпильних елементів реєстрів

Як матеріал для виготовлення кронштейнів використовується профільна труба. Для з'єднання реєстрів застосовують зварювальне обладнання. Для того щоб виконати зварювання реєстра опалення, необхідно використовувати електроди з відповідним діаметром і з покриттям рутиловим або ж фтористо-кальцієвим, або дротом садозахисним. Необхідно пам'ятати, що зварювальний шов повинен відповідати деяким основним вимогам: проварювати зовнішню поверхню потрібно рівно, щоб не було тріщин, подрізів або напливів. Під час встановлення радіаторів використовується найпростіший і стандартний пристрій - паралельне з'єднання сталевих гладких труб з великим діаметром проточними каналами. В основному так з'єднують реєстри для опалення великих площ.

Крім того, зварювання реєстра опалення - це не тільки кілька з'єднаних труб між собою, але це може бути окрема труба, яка може встановлюватися у звичайних автономних системах. Прокладати труби довгих реєстрів для опалення необхідно якомога ближче до підлоги, при цьому кут ухилу в 0,05% саме в бік, куди рухається теплоносій. Такий ухил може бути виконаний завдяки великому діаметру використовуваних труб. Також можливий варіант використання не двох і декількох труб, а тільки однієї труби, тоді система матиме ще компактніший вигляд.

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

5.2. Організація виконання будівельно-монтажних робіт

Організація виконання будівельно-монтажних робіт включає кілька етапів: підготовку документації, розробку плану робіт, організацію матеріально-технічного забезпечення, підбір і навчання персоналу, а також забезпечення необхідних умов для безпеки праці. Спочатку розробляється проектно-кошторисна документація, що містить технічні вимоги, обсяги робіт та організація монтажних робіт. Після цього здійснюється організація постачання матеріалів, інструментів і техніки на об'єкт [37].

Важливим етапом є створення умов для безпечної праці, включаючи встановлення засобів індивідуального захисту та проведення інструктажів для працівників. Паралельно відбувається координація діяльності різних підрядників і служб, контроль за якістю виконання робіт та дотриманням строків. Кожен етап виконання робіт має бути чітко розподілений за відповідальністю, щоб забезпечити ефективне використання ресурсів і уникнути затримок. Контроль за виконанням робіт здійснюється через регулярні перевірки, аудити і обстеження об'єкта. Після завершення основних етапів проводиться здача об'єкта замовнику та оформлення необхідної документації для введення в експлуатацію.

Будівництво зовнішніх мереж, монтаж котельних установок, систем опалення, організують послідовним, паралельним, послідовно-паралельним чи потоковим методами.

Для виконання будівельно-монтажних робіт у роботі приймаємо поточковий метод організації будівництва.

Потоковим методом називають такий метод організації будівництва, коли забезпечується плановий та ритмічний випуск готової будівельної продукції (закінчене будівництво споруд) на основі безперервної ритмічної роботи окремих спеціалізованих бригад або ланок, забезпечених необхідними матеріальними і технічними ресурсами.

Для створення будівельно-монтажного потоку необхідно:

- розділити загальний виробничий процес на окремі складові процеси:
- закріпити виконання окремих процесів за виконавцями (бригадами);
- розділити весь фронт робіт на захватки й визначити на них тривалість виконання кожного процесу;
- призначити черговість робіт окремих виконавців на цих захватках та здійснити ув'язування робіт окремих бригад між собою.

Захватка - це частина споруджуваного об'єкта з комплексом однакових закінчених будівельно-монтажних та спеціалізованих робіт, в межах якої здійснюють та ув'язують між собою роботи окремих бригад виконавців. При будівництві кількох однорідних об'єктів захваткою може бути окремий об'єкт.

Для організації будівництва розробляють календарне планування монтажних робіт. Порядок розробки календарного плану наступний: визначають перелік і обсяг робіт, які необхідно виконати для зведення даного об'єкта, вибирають методи виконання кожного виду робіт. Розраховують витрати праці робітників-монтажників у людино-днях та потребу в механізмах, визначають технологічну послідовність і тривалість кожної з робіт, встановлюють склад бригад (ланок) з урахуванням потрібного рівня кваліфікації та нормованого середнього розряду; встановлюють 15 планову тривалість виконання робіт з урахуванням величини розрахункової тривалості, кількості змін виконання робіт та рекомендованого рівня перевиконання норм [38].

Перелік робіт складають за технологічною послідовністю їхнього виконання. При цьому окремі невеликі суміжні роботи групують, а їхню трудомісткість підсумовують і показують одним рядком.

Для монтажу приладових віток регістрів складено такий план виконання монтажних робіт:

- 1) Монтаж опалювальних приладів;
- 2) Монтаж розподільчих труб;
- 3) Підключення підводок до регістрів;
- 4) Випробування гідравлічні, пуск та налагодження системи опалення.

Після розробки календарного плану будується лінійний графік циклограма виконання монтажних робіт, в якому розроблено технологічний процес монтажу. У лінійному графіку кожна лінія відповідає своїй роботі, довжина якої залежить від тривалості виконання даного процесу. Над лініями вказують кількість робітників які приймають участь в данному процесі по виконанню роботи, та тривалість робіт. На графіку циклограми зображують назиленими лініями хід виконання монтажу окремими трудовими колективами (ланками, бригадами) на захватках визначених для них окремих складових процесів. Завершеним етапом календарного планування потокового методу є узгодження планового виконання за графіком циклограмою та лінійним графіком.

Охорона праці та захист навколишнього середовища під час монтажу інженерних систем є важливими аспектами будівельних та виробничих робіт, спрямованих на створення безпечних умов для працівників та мінімізацію негативного впливу на екосистему. Під час монтажу інженерних систем, таких як вентиляція, опалення, водопостачання та електропостачання, особливу увагу слід приділяти дотриманню правил техніки безпеки та охорони довкілля. Важливими аспектами є контроль за рівнем шуму, попередження забруднення ґрунту, водних ресурсів і повітря, а також забезпечення засобами індивідуального захисту працівників. Забезпечення дотримання всіх норм сприяє підвищенню безпеки на робочому місці, зменшенню ризику виробничих травм і зниженню техногенного впливу на природу [41].

Під час монтажу інженерних систем охорона праці охоплює різні заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов роботи, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань. Це особливо актуально в процесі виконання монтажних, пусконаладжувальних і ремонтних робіт, які часто проходять на висоті або в складних умовах. Зокрема, необхідно забезпечувати захист від падіння з висоти, ураження електричним струмом, а також уникати порушення ергономічних принципів для зниження навантаження на опорно-руховий апарат.

У питаннях охорони навколишнього середовища слід звертати увагу на екологічно чисті методи монтажу, скорочення кількості відходів і належну утилізацію матеріалів. Для зменшення впливу на екосистему важливо використовувати енергоефективні матеріали, що підлягають переробці, та зменшувати викиди шкідливих речовин у повітря, воду і ґрунт. Правильне зберігання будівельних матеріалів та хімічних речовин також є необхідним, оскільки це дозволяє уникнути їх потрапляння в навколишнє середовище.

Серед основних вимог до охорони праці під час монтажу інженерних систем — використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як захисні окуляри, каски, респіратори та спецодяг, а також організація навчання працівників щодо безпечного поводження з обладнанням і матеріалами. Поряд із технічними та організаційними заходами важливу роль відіграє також дотримання правил пожежної безпеки, особливо в місцях, де використовуються легкозаймисті матеріали.

Таким чином, заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища є невід'ємною частиною процесу монтажу інженерних систем, що сприяє збереженню здоров'я працівників, запобіганню нещасним випадкам і зменшенню техногенного впливу на екологію.

6.1. Аналіз ризиків що виникають під час монтажу систем внутрішнього теплопостачання.

Аналіз ризиків при монтажі систем внутрішнього теплопостачання є важливим етапом для забезпечення безпеки працівників та мінімізації можливих аварійних ситуацій. У процесі монтажу теплопостачальних систем виникає низка специфічних ризиків, пов'язаних як з фізичними факторами (висота, важке обладнання), так і з технічними (використання електроінструменту, робота з трубопроводами, що згодом будуть працювати під тиском) [46].

| | | | | |
|-------|-------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм... | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата |

Таблиця 6.1

**Небезпечні фактори які виникають під час роботи та монтажу
інженерних систем**

| № | Небезпечні шкідливі виробничі фактори | Джерело | Кількість, оцінка | Норматив |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1 | Падіння людей з висоти та ризик травматизму | - монтаж систем теплопостачання | h=12,400 м | ДБН А.3.2-2-2009 |
| 2 | Падіння предметів з висоти | - монтаж систем теплопостачання | h=12,400 м | ДБН А.3.2-2-2009 |
| 3 | Ризик електротравм електричний струм | електрозварювальні -робоче освітлення | U=220 В U=220 В | ДСТУ 7237:2011 ДСТУ Б А.3.2-13:2 |
| 4 | Вібрація | - наладка і пуск системи в дію | V=0,02 м/с f=150 Гц | ДСН 3.3.6.039-99 |
| 5 | Виробничий шум | - наладка і пуск системи в дію | Рівень 85 дБ | ДБН В.1.2-8-2002 |
| 6 | Теплові та хімічні ризики | -зварювальні - випари | ПДК CO ₂ -20мг/м ³ | ДСТУ-НБ.А. 3.2-1:2007 |
| 7 | Освітлення робочих місць | - монтажні роботи | 300 лк | ДБН В.2.5-28-2018 |

| | | | | |
|----|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 8 | Атмосферна електрика | - блискавка-захист | середня кількість ударів на 1 км ² =5,5, кат.І | ДСТУ.Б.В.2.5-38:2008 |
| 9 | Термічний факто | - зварювальні | t _{звар} =3000 °С | ДБН А.3.2-2-2009 |
| 10 | Пожежна небезпека, гідравлічні ризики та ризики вибуху | - зварювальні | Категорія вибухонебезпечності Межа вибухонебезпечності Ступінь вогнестійкості. | ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-8-2008 |
| 11 | Мікроклімат екологічні ризики | Температура вологість в робочій зоні | t= °С відносна вологість v= м/с | ДСН 3.3.6.042-99 |

Наведено основні типи ризиків і методи їх мінімізації:

1. Ризики травматизму та фізичних ушкоджень та падіння людей з висоти

Падіння з висоти: Встановлення елементів теплопостачання часто потребує роботи на висоті, що збільшує ризик падіння.

Перенесення та встановлення важкого обладнання: Монтаж теплопостачальних систем може включати роботу з важкими матеріалами, що може спричинити навантаження на опорно-руховий апарат та ризик травмування під час підйому і переміщення обладнання.

Мінімізація ризиків: Використання засобів захисту від падіння (страхувальні пояси, огорожі), механізованих підйомників і спеціального обладнання для транспортування важких елементів.

Пройоми в стінах та перестінках, які розташовані на висоті 0,7 м і більше від рівня перекриття, повинні мати огороду висотою не менше 1,1 м та бортову дошку висотою не менше 0,15 м. Стійкі огорожі встановлюються з кроком не більше 2 м та зв'язують двома горизонтальними зв'язками.

Пройоми в перекритті закриваються суцільними настилами або огорожуються захисною огорожею.

При роботі на висоті монтажники та інші робочі повинні бути забезпечені поясами та приладами.

2. Падіння конструкцій та інших предметів.

Забороняється монтувати елементи без монтажних петель.

Строповку елементів систем вентиляції проводити по раніш розроблених схемах. Способи строповки елементів конструкцій та обладнання повинні забезпечувати їх подавання до місця встановлення в положенні, близькому до проектного.

Під час перерв в роботі не дозволяється залишати елементи конструкцій та обладнання не закріпленими.

3. Ризик електротравм та електричний струм

Робота з електроінструментом: Для монтажу використовують електроінструменти, що підвищує ризик ураження електричним струмом, особливо в умовах високої вологості.

При влаштуванні електричних мереж на будівельному майданчику необхідно передбачити можливість відключення всіх електроустановок в межах окремих об'єктів та ділянок робіт.

Струмопровідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені або розміщені в місцях, недоступних для дотику до них.

Електрозварювальна установка повинна приєднуватися до джерела живлення через рубильник та запобіжники чи автоматичний вимикач.

4. Вібрація.

Вібрація на робочих місцях не повинна перевищувати нормативних значень. Для захисту працюючих від вібрації на агрегатах передбачається встановлення гнучких вставок і віброізоляторів та ущільнюючих резинок та стрічок.

5. Виробничий шум.

Рівні звукового тиску на робочих місцях в нормованому частотному діапазоні не повинні перевищувати нормативних значень.

Для створення нормальних умов праці слід стежити за тим, щоб рівень шуму не перевищував гранично допустимого рівня 85 дБ.

Для захисту робочих від шуму на інженерних системах передбачене влаштування шумоглушників (секцій шумоглушника припливної камери).

6. Теплові та хімічні ризики

Робота з гарячими поверхнями та речовинами: Під час випробувань теплопостачальних систем на міцність виникає ризик термічних опіків.

Ризик контакту з хімічними речовинами: Можливе використання спеціальних герметиків, антикорозійних покриттів або теплоносіїв, що можуть бути токсичними.

Запобігання ризикам: Застосування засобів індивідуального захисту, таких як захисні рукавички, окуляри, респіратори, і забезпечення вентиляції робочого місця.

7. Освітленість робочих місць.

Для ділянок де проводиться монтаж системи вентиляції та опалення передбачено рівномірне освітлення. При цьому освітленість повинна бути не менше 50 лк. При недостатньому природному освітленні та для освітлення в той період, коли природного світла недостатньо або воно відсутнє, передбачено штучне електричне освітлення.

Освітлення ділянок виконання робіт здійснюється за допомогою ламп накаливання.

8. Атмосферна електрика.

Для захисту промислової будівлі від блискавки на покрівлі будівлі встановлена блискавкоприймальна сітка (кроком 3х3м, Ø25мм). Блискавкоприймальна сітка з'єднується з контуром заземлення за допомогою токовідводів, виконаних з круглої сталі діаметром 8мм.

9. Пожежна небезпека, гідравлічні ризики та ризики вибуху.

Гідравлічні ризики та ризики вибуху

Тиск у системі: Після монтажу систему теплопостачання перевіряють на міцність шляхом створення гідравлічного тиску, що може призвести до розривів та протікання.

Аварійні ситуації під час випробувань: Вибухи або розриви труб при надмірному тиску можуть бути небезпечними для працівників.

Методи мінімізації: Поступове підвищення тиску під час випробувань, встановлення запобіжних клапанів та підготовка плану аварійного реагування.

Зварювальні роботи: Часто використовуються під час монтажу труб, іскри або відкрите полум'я можуть спричинити пожежу.

Мінімізація ризиків: Виконання зварювальних робіт із дотриманням норм пожежної безпеки, забезпеченням робочого місця вогнегасниками, а також використання негорючих матеріалів.

Термічний фактор:

При газовому зварюванні виникає небезпека виникнення пожежі або вибуху. При горінні газового полум'я виникає велика температура та ультрафіолетове випромінювання, яке дуже небезпечно для зору людини.

Балони з газом та киснем потрібно тримати окремо на відстані не ближче 10м один від одного та не ближче 10м від відкритого газового полум'я. Легкозаймисті матеріали повинні бути якнайдалі від відкритого полум'я та гарячих відходів зварювання.

При зварюванні робітник повинен мати захисну одягу та окуляри.

Інженерного рішення потребують:

1. Час евакуації людей з приміщення.
2. Розрахунок освітлення.
3. Час евакуації людей

Час евакуації людей із будинку не можна встановити дослідним шляхом, тому що не можна змоделювати поведінку людей в екстремальних умовах. Час евакуації людей розраховують на етапі проектування будинків.

Розрахунковий час евакуації людей і визначається як сума часу руху людського потоку по окремих ділянках шляху:

$$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i, \quad (6.1)$$

де t - час руху людського потоку на ділянках.

Час руху на ділянках шляху: $t=l/V$,

де V , м/хв - швидкість руху людського потоку залежно від щільності D .

Щільність людського потоку D , що має довжину l і ширину S , дорівнює:

$$D = Nf/l\delta \quad (6.2)$$

Розрахункова тривалість вимушеної евакуації людей повинна дорівнювати або бути меншою необхідного часу евакуації.

Якщо час евакуації, отриманий розрахунком, перевищує необхідний, то це значить, що потрібно переглянути ширину сходових і евакуаційних виходів.

Розрахунок закінчується визначенням тривалості повної евакуації людей із будинку залежно від пропускної спроможності зовнішніх дверей:

$$t_p = t_0 + N/\sum \delta q = t_n, \quad (6.3)$$

де t_0 - час до початку евакуації через зовнішні двері, хв; δq - сумарна ширина зовнішніх дверей, м, N - загальна кількість людей, що евакуюються з будинку.

Розрахуємо час евакуації людей.

Людині для евакуації з приміщення необхідно подолати шлях від найдалшого кута від сходів до сходів, по сходах на перший поверх, потім уздовж стіни у тамбур і потім на вулицю.

Час руху людського потоку до сходів при довжині $L=70$ м і при щільності людського потоку $D=0,05$ м²/м². Швидкість людського потоку $V=100$ м/хв, тоді

$$t_1 = 70/100 = 0,70 \text{ хв.}$$

Час руху людського потоку на перший поверх по сходах при довжині $L=26$ м і при щільності людського потоку $D=0,20$ м²/м². Швидкість людського потоку $V=68$ м/хв, тоді

$$t_2 = 26/68 = 0,38 \text{ хв.}$$

Час руху людського потоку сходів до виходу на вулицю при довжині шляху $L=8,7$ м і при щільності людського потоку $D=0,10$ м²/м². Швидкість людського потоку $V=80$ м/хв, тоді

$$t_3 = 8,7/80 = 0,11 \text{ хв.}$$

Час руху людського потоку через зовнішні двері, шириною $\delta=1$ м, на вулицю при щільності людського потоку $D=0,40$ м²/м² і при кількості людей $N=40$ чоловік. Інтенсивність руху $q=18,4$ м/хв, тоді

$$t_4 = 40/(1 \cdot 18,4) = 2,17 \text{ хв.}$$

Знайдемо загальний розрахунковий час евакуації:

$$t_p = 0,7 + 0,38 + 0,11 + 2,17 = 3,36 \text{ хв}$$

Необхідний час евакуації при обсязі приміщення 42768 м³ категорії виробництва:

$$В t_H = 7,25 \text{ хв.}$$

Розрахункова тривалість вимушеної евакуації людей повинна дорівнювати або бути меншою необхідного часу евакуації.

$$В нас t_p < t_H (3,36 < 7,25).$$

Висновок: час евакуації, отриманий розрахунком, не перевищує необхідний, то це значить, що не потрібно переглядати ширину сходов і евакуаційних обліком усіх падаючих на неї прямих і відбитих потоків світла. Перехід від середньої освітленості виходів.

Розрахунок освітлення [43].

Метод світлового потоку дозволяє забезпечити середню освітленість поверхні з обліком усіх падаючих на неї прямих і відбитих потоків світла. Перехід від середньої освітленості до мінімального здійснюють приблизно. Відповідно до цих особливостей метод застосовують для розрахунку загального рівномірного висвітлення горизонтальних поверхонь. Необхідний потік лампи

$$\Phi = E_{\text{нк}} A z / (\eta N), \quad (6.5)$$

де L — освітлювана площа, м^2 ; z — коефіцієнт мінімальної освітленості.

Приблизно при висвітленні приміщення світильниками, розташованими по вершинах квадратних полів, приймають $z=1,15$, при висвітленні лініями люмінесцентних світильників $z=1,1$; τ — коефіцієнт використання світильників, обумовлений по індексу приміщення i і коефіцієнтам відображення стелі $\rho_{\text{п}}$, стін $\rho_{\text{с}}$, пола $\rho_{\text{р}}$; N — кількість світильників. Індекс приміщення

$$i = ab / [h(a + b)], \quad (6.6)$$

де a і b — довжина і ширина приміщення, м ; h — розрахункова висота, $h = H - h_{\text{с}} - h_{\text{г}}$, м ($h_{\text{с}}$ — висота від світильника до стелі, м ; $h_{\text{г}}$ — висота до освітлюваної горизонтальної поверхні від підлоги, м).

Розрахуємо освітлення.

Загальне освітлення в приміщенні з розмірами 54,4x48,4x6,0 м, в котрому освітленість повинна бути за ДБН 2.5.-28-2006 – 95лк.

Визначимо тип, марку та кількість світильників, які потрібні для освітлення приміщення залу відпочинку.

Рішення.

Використання лампи люмінесцентні, то коеф. запасу $k=1,5$, приймаємо коеф. мінімальної освітленості $z=1,1$.

Орієнтовно можна прийняти коеф. відбиття: стелі $\rho_p=30\%$, стін $\rho_c=10\%$ і підлоги $\rho_r=10\%$.

Знайдемо індекс приміщення за формулою :

$$i=ab/[h(a + b)], \quad (6.7)$$

де розрахункова висота $h = H - h_c - h_g$, м,

де h_c – висота від світильника до стелі, $h_c=0,5$ м;

де h_g – висота до освітлюваної горизонтальної поверхні, $h_g=0,5$ м;

$$h = 6,0 - 0,5 - 0,5 = 5 \text{ м,}$$

$$i = 54,4 \times 48,4 / [5 \times (54,4 + 48,4)] = 5,12$$

Тоді по таблиці значень коефіцієнта використання світильників $\eta = 62\%$.

Потрібний світловий ІС по формулі дорівнює

$$\Phi_{л} = 95 \times 1,5 \times 54,4 \times 48,4 \times 1,1 / 0,62 = 665671 \text{ лм.}$$

Для освітлення використовуються люмінесцентні світильники фірми iTwins\70-1-9300 (СУС-2-70).

Світильник має світовий потік 9300 лк, тоді для освітлення всієї площі приміщення потрібно $665671/9300=71,57$ шт.

Приймаємо 72 світильники.

10. Мікроклімат та екологічні ризики

Викид небезпечних речовин: В процесі монтажу можуть використовуватися матеріали, що при неправильному поводженні забруднюють навколишнє середовище.

Запобігання екологічним ризикам: Впровадження заходів для безпечного зберігання та утилізації небезпечних матеріалів, а також використання екологічно чистих матеріалів.

Комплексна оцінка та усунення ризиків під час монтажу систем внутрішнього тепlopостачання забезпечує безпечні умови праці та зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Розглянемо кожен ризик під час монтажу систем внутрішнього тепlopостачання детальніше, нормативними вимогами.

1. Фізичні ризики та травматизм

Падіння з висоти: Монтаж трубопроводів і радіаторів опалення часто потребує роботи на висоті, особливо в будівлях із кількома поверхами або у великих приміщеннях. Для цього важливо дотримуватися стандартів щодо роботи на висоті:

Нормативи: Вимоги щодо робіт на висоті регулюються правилами охорони праці, зокрема відповідними нормативними документами, які зобов'язують працівників проходити навчання і використовувати засоби захисту.

Перенесення та встановлення важкого обладнання:

Додаткові ризики: Підйом і транспортування важкого обладнання може спричинити травми, пов'язані з навантаженням на спину та інші частини тіла.

2. Електричні ризики

Робота з електроінструментом: В умовах будівництва та монтажу часто присутні підвищена вологість і складні умови експлуатації електроприладів, що підвищує ймовірність ураження струмом

Нормативи: Вимоги з електробезпеки регулюються відповідними стандартами, що вимагають періодичного техогляду інструментів, обладнання та дотримання правил техніки безпеки.

3. Теплові та хімічні ризики

Гарячі поверхні та теплові опіки:

Додаткові аспекти: На етапі випробувань, особливо при пуско-налагоджувальних роботах, трубопроводи та обладнання можуть нагріватися до високих температур, що становить ризик термічних опіків.

Хімічні ризики: Деякі герметики, клеї або антикорозійні засоби можуть містити токсичні компоненти, що при контакті можуть викликати алергічні реакції або навіть інтоксикацію.

4. Гідравлічні ризики та ризик вибуху

Випробування на міцність: Після завершення монтажу системи часто проводять випробування на гідравлічну міцність. Підвищений тиск може спричинити розриви трубопроводів, що є небезпечним для працівників.

Аварійні плани: Розробка та впровадження планів аварійного реагування, навчання персоналу реагуванню у разі раптових розривів труб або аварійного скидання тиску.

5. Пожежна безпека

Роботи з відкритим полум'ям (зварювання, різка): Зварювальні роботи можуть створити загрозу пожежі, особливо в приміщеннях із легкозаймистими матеріалами.

6. Екологічні ризики

Викиди та утилізація відходів: Під час монтажу можуть утворюватися залишки матеріалів (металеві обрізки, хімічні розчини), які при неправильній утилізації можуть забруднити навколишнє середовище.

Додаткові заходи безпеки

Постійний інструктаж і навчання: Регулярне проведення інструктажів із техніки безпеки для підвищення обізнаності працівників про потенційні ризики та методи їхнього уникнення.

Системи моніторингу та контролю: Застосування систем моніторингу умов на робочих місцях (наприклад, перевірка рівня вуглекислого газу та температури повітря) і регулярний огляд технічного стану обладнання.

Оцінка ризиків перед початком робіт: Проведення аналізу умов праці перед початком монтажних робіт для ідентифікації ризиків, створення документації (акти оцінки ризиків), що дозволяє заздалегідь врахувати можливі небезпеки та розробити заходи профілактики.

Комплексний підхід до оцінки та мінімізації ризиків під час монтажу систем внутрішнього теплопостачання є основою для створення безпечних і екологічних умов праці, що захищає здоров'я працівників і навколишнє середовище.

6.2. Профілактичні заходи

Щоб мінімізувати ризики під час монтажу систем внутрішнього теплопостачання, важливо впроваджувати детальні профілактичні заходи на всіх етапах роботи, від підготовки персоналу до безпечного виконання монтажу та перевірки обладнання.

Наведемо основні профілактичні заходи, які допоможуть уникнути травматизму, аварій та негативного впливу на навколишнє середовище:

1. Заходи для попередження падінь з висоти

Навчання та інструктажі: Працівники повинні проходити спеціалізоване навчання та регулярні інструктажі щодо безпечної роботи на висоті.

Засоби колективного захисту:

Використання захисних риштувань, огорож і платформ для виконання робіт на висоті.

Монтаж поручнів і обмежувальних бар'єрів на всіх робочих місцях, де можливе падіння.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

Забезпечення працівників страхувальними поясами, карабінами, касками і захисними окулярами.

Перевірка ЗІЗ на справність перед кожним використанням.

Використання підйомного обладнання: Використання підйомних механізмів (лінійок, платформ) для транспортування матеріалів та обладнання до місця виконання робіт на висоті, щоб уникнути ручного підйому вантажів.

2. Запобігання ризику травмування при перенесенні важкого обладнання

Механізація процесу: Використання механічних підйомників, візків і спеціальних засобів для переміщення важкого обладнання. Це знижує ризик травмування через перенесення важких вантажів.

Правильна техніка підйому: Навчання працівників основам ергономічного підйому вантажів (наприклад, підйом із зігнутими колінами), щоб зменшити навантаження на спину та запобігти травмам.

Організація робочого процесу: Планування робіт так, щоб мінімізувати необхідність ручного переміщення важких елементів та забезпечення наявності достатньої кількості працівників для командної роботи.

3. Захист від електротравм

Регулярний техогляд інструментів: Перед початком робіт кожен електроінструмент повинен пройти огляд на справність ізоляції, кабелів і заземлення.

Використання захисних засобів: Працівники повинні бути забезпечені діелектричними рукавичками, килимками, спеціальними захисними окулярами і взуттям.

Контроль вологості на робочому місці: Зменшення вологості у місцях проведення електромонтажних робіт, оскільки вода є хорошим провідником електрики. У разі неможливості зменшити вологість — використання спеціальних діелектричних килимків.

Забезпечення заземлення та УЗО: Застосування автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення (УЗО), які відключають живлення у разі перевищення допустимого рівня струму або витоку.

4. Захист від теплових опіків та хімічних ризиків

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Носіння термостійких рукавичок, спецодягу, захисних окулярів і масок для роботи з гарячими матеріалами.

Провітрювання робочих зон: Під час роботи з герметиками, клеями або іншими хімічними речовинами забезпечувати хорошу вентиляцію, щоб уникнути накопичення токсичних парів.

Використання безпечних матеріалів: Використання перевірених, сертифікованих герметиків і матеріалів, які відповідають нормам безпеки і мають мінімальний рівень токсичності.

Правильне поводження з хімічними речовинами: Дотримання інструкцій виробників щодо застосування, зберігання і утилізації хімічних речовин. Уникнення контакту з шкірою та слизовими оболонками.

5. Запобігання гідравлічним ризикам та ризику вибуху

Контроль тиску: Поступове підвищення тиску під час випробувань теплопостачальної системи, щоб уникнути раптових вибухів або розривів труб.

Використання манометрів та запобіжних клапанів: Постійний моніторинг рівня тиску та встановлення запобіжних клапанів, які автоматично знижують тиск у разі його перевищення.

Планування випробувань: Проведення випробувань на гідравлічну міцність тільки після повного монтажу та перевірки герметичності системи, за умови відсутності працівників у небезпечній зоні.

Аварійні інструктажі: Проведення регулярних навчань щодо дій у випадку аварійних ситуацій, а також розробка інструкцій із планами евакуації.

6. Протипожежні заходи [45]

Забезпечення протипожежними засобами: У кожному місці, де виконуються зварювальні або інші роботи з відкритим вогнем, повинні бути вогнегасники, пісок та інші засоби для швидкого гасіння пожежі.

Інструктажі з пожежної безпеки: Працівники повинні проходити навчання щодо протипожежних заходів і вміти користуватися вогнегасниками.

Ізоляція легкозаймистих матеріалів: Тримання легкозаймистих речовин подалі від робочих зон, де проводяться зварювальні та інші гарячі роботи.

Планування робіт у безпечних умовах, виконання зварювальних робіт у спеціально обладнаних місцях, використання екранів для запобігання поширенню іскор.

7. Екологічні заходи

Сортування та утилізація відходів: Виконання сортування матеріалів для переробки, правильне зберігання відходів та їх утилізація відповідно до вимог екологічної безпеки.

Використання екологічно чистих матеріалів: Обирати матеріали, які є безпечними для навколишнього середовища та легко піддаються переробці.

Запобігання розливам: У разі використання рідких речовин (антикорозійні засоби, масла) уникати їх потрапляння в ґрунт та воду шляхом використання герметичних контейнерів.

8. Постійний контроль та оцінка ризиків

Регулярний огляд робочих місць: Постійне оцінювання стану робочих зон та обладнання для своєчасного виявлення й усунення можливих джерел небезпеки.

Розробка документів з оцінки ризиків: Створення документованих актів, що містять інформацію про можливі ризики, шляхи їх мінімізації, а також дії у випадку аварій.

Робота з фахівцями з охорони праці: Постійна співпраця з фахівцями для актуалізації профілактичних заходів відповідно до оновлень нормативної бази та специфіки конкретного об'єкта.

Таким чином, комплексний підхід до профілактики ризиків, що включає навчання персоналу, застосування спеціального обладнання, планування робочого процесу та суворе дотримання техніки безпеки, допомагає створити безпечні умови під час монтажу систем внутрішнього теплопостачання та мінімізувати ризики.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 126 |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|-------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | Аркуш |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 127 |

1. Глушко Ю. Ю. Опалення: навчальний посібник.– К.: Ресурсний центр ГУРТ, 2019.–133 с.
2. Худенко А. А. Радіаційне опалення і охолодження : навчальний посібник.- К. : КНУБА, 2004. – 152 с.
3. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель /М.Ф. Боженко// Навчальний посібник. – 2019. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. С. – 380.
4. Степанов М.В., Росковшенко Ю.К. Теплогазопостачання і вентиляція: навч. посіб. / М.В. Степанов, Ю.К. Росковшенко. – К.: КНУБА, 2008. – 256 с.
5. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь: Vello-print (Болгарія), 2010.- 200 с.
6. Пирков В.В. Сучасні теплові пункти. Автоматика і регулювання.: монографія – К.: ІІ ДП «Такі справи», 2008. – 252 с.
7. Промислове повітряне опалення. [Електронний ресурс] – 2019. Режим доступу: <http://termoeng.com.ua/solutions/promishlennoe-otoplenie-i-vodosnabzhenie/vozdushnoe-otoplenie/promyshlennoe-vozdushnoeotoplenie/>
8. Промислове повітряне опалення [Електронний ресурс] – 2016. - «ДНІПРОСПЕЦМАШ».-Режим доступу: <https://ua.teplov.com.ua/portfolio/view/71>
9. ДБН В.2.05-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Мінрегіонбуд України, 2013.-141 с.
10. ДСТУ-Н Б В.1.1 - 27:2010. «Будівельна кліматологія» - [Чинний з 09.10. 2011]. – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 123 с.
11. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження - [Чинний з 22.06.2008]. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 162 с.

12. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – [Чинний з 14.08.2021].- К.: Мінрегіон України, 2021. – 97 с.
13. ДСТУ Б В 1.1–36: 2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
14. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. – Чинні від 01.07.2009. – Київ: Укрархбудінформ, 2014. – V, 55 с.
15. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи/Інститут технічної теплофізики НАН України; за ред. Г.Гелетука. - К.: «Академперіодика», 2022. - 373 с.
16. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С. О. – Підручник. –Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495 с.
17. Альтернативна енергетика : навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін. – К : Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с
18. Курило В. Л. М. І. Енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник / В. Л. Курило, М. І. Кулик. – Полтава: ПДАА, 2017. –7 4 с 8.
19. Sugiyono A. «Potential of biomass and coal co-firing power plants in Indonesia: a PESTEL analysis». IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 963, 2022.
20. Теплотехніка: Підручник / Б.Х.Драганов, О.С. Бессараб, А.А.Долінський і ін.; під ред. Б.Х.Драганова. – Київ: фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
21. Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г.Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 207 с.
22. Степанов Д.В. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник/ Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 120 с.

23. Сенчук М.П. Зниження впливу забруднення поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності/М.П. Сенчук, А.М. Рибка, О.І. Юрко// Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. /Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2020. – Вип. 33. – с. 15-21.

24. М.Р.Senchuk, A.V.Barkovskyi. Simulation of Solid-Fuel Hybrid Combustion/М.П.Сенчук, А.В.Барковський// Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2017. – Вип. 21. – с. 11-17.

25. Белюженко М., Сенчук М. Резервування систем теплопостачання джерелами теплової енергії на біопаливі // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. – Вип. 48.- К.: КНУБА, 2024. – С. 6-20.

26. ДСТУ EN 303-5:2014. Котли опалювальні. Частина 5. Опалювальні котли на твердому паливі з ручним і автоматичним завантаженням топки і номінальною теплотворною здатністю до 500 кВт. Термінологія, вимоги, випробування та маркування (EN 303-5:2012? IDT). – Чинні від 01.01.2016. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.

27. ДБН В.2.5-77: 2014. Котельні – Чинні від 2015-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 65 с.

28. Закон України "Про альтернативні джерела енергії" № 555-IV від 20.02.2003 із змінами та доповненнями [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>.

29. Закон України "Про альтернативні види палива" № 1391- XIV від 14.01.2000 із змінами та доповненнями [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>.

30. Сенчук М.П., Федорець І.І. Особливості опалення виробничих приміщень: Тези доповіді національної наукової конференції «Будмайстер», 5-7 листопада 2024 р., м. Київ, . К.: КНУБА. - 2024. С. 1-2.

31. Сенчук М.П., Рибка А.М., Юрко О.І. Зниження впливу забруднення поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності// Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Ресурси. Енергія. Багатофункціональні еко – та енергоефективні, ресурсозберігаючі технології в архітектурі, будівництві та суміжних галузях», ЕРЕ-2020, 25-26 листопада 2020 р., м. Київ, КНУБА. – 2020. – С. 18-19. – Режим доступу:

<https://drive.google.com/file/d/17nlm04MaAcwWCd4RCgjsn1EXoIo8CmfD/view>

32. Сенчук М.П., Хованський К.О. Опалення виробничих приміщень зі змінним тепловим режимом. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. Вип. 19. К.: КНУБА, 2016. С. 55-64.

33. Довбуш О.М., Возняк О.Т., Жуковський С.С. Системи обігрівання та вентиляції. Технологіїзаготівельних і монтажних робіт: навчальний посібник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 276 с. – (шифр: 697, авторський знак: Д58)

34. Марчук П.Ф. Використання поліетиленових труб для будівництва газопроводів : навчальний посібник. – Київ: КНУБА, 2005. – 70 с. – (шифр: 696, авторський знак: Д30)

35. Сашко В.О., Терещенко В.М. Труби та арматура: навчальний посібник. – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2019. – 102 с. –

36. Жуковський С.С., Кінаш Р.І. Технологія заготівельних та монтажних робіт: навчальний посібник. - - Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 1999. – 448 с. (шифр: 697, авторський знак: Ж86)

37. Степанов М.В., Вокалюк А.С. Організація будівельномонтажних робіт: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2011. – 88 с.

38. ДБН А.3.1.-5:2016. Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіон України, 2016. – чинні від 01.01.2017.

39. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник - далі номери: 16, 18, 19, 20, 24, 25, (Наказ Міністерства розвитку бригад та територій України №374 від 31.12.2021).

40. Довідники та посібники з монтажу трубопровідних внутрішніх систем фірм: «Herz», «KANtherm», «Danfoss», «Vents». <https://herz.ua/products/>, <https://ua.kan-therm.com/>, <https://vents.ua/>, <https://www.danfoss.com/uk-ua/>.

41. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.

42. Сафонов В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник / За редакцією В.В. Сафонова. – К.: Основа, 2011. – 480 с.

43. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28–2018. – [Чинний від 2019-18-02]. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.

44. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. – Київ: Україна. – Наказ 05.03.2018 № 333. – 41 с.

45. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – чинні з 01.03.2018.

46. ДБН А.3.2-2-2014. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. – К.: Мінрегіон України, 2014. – чинні від 01.01.2015.

Продовження Додатку А

| Номер приміщення/ Назва/кількість працюючих, п., люд. | Розрахункова температура, °C | | | Характеристика трансмісійних тепловтрат, Вт/°C | | | | Трансмісійні тепловтрати, Ф _{тл} ,Вт | | | |
|--|--|--|---|--|-----------------|------------------------|-----------------------|---|----------------|--|--|
| | зовнішнього повітря, θ_{ϵ} | середньо річна зовнішнього повітря, $\theta_{\text{ср}}$ | внутрішня в сусідньому приміщенні, $\theta_{\text{вн.і}}$ | $H_{T\epsilon}$ | $H_{T\text{г}}$ | $H_{T\text{і}}$ | $\Sigma H_{\text{т}}$ | основний режим | черговий режим | | |
| 1 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | | |
| 116 | | | | 195,50 | | | 195,50 | | | | |
| Цех № 3 | -22 | -1,1 | | 146,12 | | | 146,12 | | | | |
| | | | | 234,66 | | | 234,66 | | | | |
| | | | | 0,00 | | | 0,00 | | | | |
| | | | | 4,43 | | | 4,43 | | | | |
| | | | | 4,22 | | | 4,22 | | | | |
| | | | | 20,63 | | | 20,63 | | | | |
| | | | | 1352,09 | | | 1352,09 | | | | |
| | | | | | | 551,66 | | 551,66 | | | |
| | | | | | | 12 | | 131,11 | 131,11 | | |
| | | | | | | 18 | | 13,98 | 13,98 | | |
| 20 | | | | | | 109,10 | 109,10 | | | | |
| 107 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 2763,50 | | | | |
| Склад тари | -22 | -1,1 | | 8,74 | | | 8,74 | | | | |
| | | | | 11,35 | | | 11,35 | | | | |
| 7 | | | | 32,91 | | | 32,91 | | | | |
| | | | | | | 12,42 | | 12,42 | | | |
| 108 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 65,42 | | | | |
| Пакувальне відділення свіжовипеченої продукції | -22 | -1,1 | | 34,59 | | | 34,59 | | | | |
| | | | | 21,85 | | | 21,85 | | | | |
| | | | | 4,22 | | | 4,22 | | | | |
| | | | | 96,32 | | | 96,32 | | | | |
| | | | | | | 38,58 | | 38,58 | | | |
| 14 | | | 22 | | | -15,37 | -15,37 | | | | |
| | | | 12 | | | 40,57 | 40,57 | | | | |
| 109 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 220,76 | | | | |
| Кімната комірника свіжовипеченої продукції | -22 | -1,1 | | 1,57 | | | 1,57 | | | | |
| | | | | 8,41 | | | 8,41 | | | | |
| | | | | 4,36 | | | 4,36 | | | | |
| | | | | | | 1,74 | | 1,74 | | | |
| 2 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 16,09 | | | | |
| 112 | | | | 44,15 | | | 44,15 | | | | |
| Пакувальне відділення замороженої продукції | -22 | -1,1 | | 5,26 | | | 5,26 | | | | |
| | | | | 58,67 | | | 58,67 | | | | |
| | | | | 3,99 | | | 3,99 | | | | |
| | | | | 277,28 | | | 277,28 | | | | |
| | | | | | | 89,62 | | 89,62 | | | |
| | | | | 22 | | | | -169,68 | -169,68 | | |
| | | | | 18 | | | | -26,05 | -26,05 | | |
| 18 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 283,24 | | | | |
| 106 | | | | 30,22 | | | 30,22 | | | | |
| Склад пакувальних матеріалів | -22 | -1,1 | | 16,02 | | | 16,02 | | | | |
| | | | | 88,57 | | | 88,57 | | | | |
| | | | | | | 33,43 | | 33,43 | | | |
| 8 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 168,25 | | | | |
| 117 | | | | | 62,13 | | 62,13 | | | | |
| Відділення тістообробувальне лінії виробів з листового тіста | -22 | -1,1 | | 127,48 | | | 127,48 | | | | |
| | | | | | | 22 | | -126,32 | -126,32 | | |
| 6 | | | | | | $\Sigma H_{\text{т}}=$ | 63,29 | | | | |

| Тепловтрати приміщень на нагрівання вентиляційного повітря | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|---|---|--|--|---|----------------|--|----------------|---|----------------|--|----------------|
| Коефіцієнти | | | | Витрата повітря | | | | | | | Характеристика вентиляційних тепловтрат, $H_{v.f.}, \text{Вт} / \text{C}$ | | Вентиляційні тепловтрати, $\Phi_{v.f.}, \text{Вт}$ | |
| кратності повітрообміну, n_{50} | екранування, ϵ_i | на висоту розміщення огороження, ϵ_i | на температуру припливного повітря, $t_{c.i}$ | інфільтраційного (в черговий режим), $V_{ин.з}$ | питома виробничих приміщень, $q_{мин.}$ | | мінімальна, $V_{мин.}, \text{М}^3/\text{год}$ | | розрахункова, $V_i, \text{М}^3/\text{год}$ | | основний режим | черговий режим | основний режим | черговий режим |
| | | | | | основний режим (q_o та q_p , $\text{М}^3/\text{год} \cdot \text{М}^2$) | черговий режим, $\text{М}^3/\text{год} \cdot \text{М}^2$ | основний режим | черговий режим | основний режим | черговий режим | | | | |
| 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 1494 | 60 | 0,54 | 1200 | 1186 | 1200 | 1494 | 402 | 501 | 2012 | 20039 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 38 | 60 | 0,54 | 420 | 37 | 420 | 38 | 141 | 13 | 704 | 434 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 112 | 60 | 0,54 | 840 | 108 | 840 | 112 | 282 | 37 | 1408 | 1348 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 5 | 60 | 0,54 | 120 | 5 | 120 | 5 | 40 | 2 | 201 | 60 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 321 | 60 | 0,54 | 1080 | 309 | 1080 | 321 | 362 | 108 | 1810 | 3229 |
| 2 | 0,02 | 1 | 5 | 103 | 60 | 0,54 | 480 | 99 | 480 | 103 | 161 | 35 | 805 | 1174 |
| | | 1 | 5 | 0 | 60 | 0,54 | 360 | 158 | 360 | 164 | 121 | 55 | 603 | 1869 |

Результати розрахунку теплового балансу

Додаток Б

| Тепловий баланс приміщень | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|--|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|--|------------------------------------|---------------------|--|--|
| Номер приміщення | Назва приміщення | Характеристика приміщення | | | | Витрати теплоти, Вт | | | | | Теплонадходження, Вт | | | | | Тепловий баланс | | Потужність СО рорахункова, Φ_{HL} ось, Φ_{HL} вер, Вт | Потужність СО просктна, Φ_{HL} , Вт | $\Phi_{HLоск}$ / $\Phi_{HLвер}$ | Номер вітки системи | | |
| | | Об'єм, $V_{пр}$, м ³ | Висота приміщення, $h_{пр}$, м | Розрахункова температура, $\theta_{ши}$, °С | Режим роботи | Трансмісійні тепловтрати, $\Phi_{Тд}$ | Вентиляційні тепловтрати, Φ_{vj} | Нагрів обладнання, матеріалів, $\Phi_{обл}$ | Інші витрати, $\Phi_{доп}$ | Загальні, $\Sigma\Phi_{випр}$ | Від людей, $\Phi_{л}$ | Від освітлення, $\Phi_{осв}$ | Від обладнання, матеріалів, $\Phi_{обл}$ | Інші надх., $\Phi_{доп}$ | Загальні, $\Sigma\Phi_{надх}$ | Теплоестача, $\Delta\Phi$, Вт | Теплонадлишки, $+\Delta\Phi$, Вт | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| 116 | Цех №3 | 18678 | 6,3 | 22 | Основний | 121594 | 2012 | 23408 | 7134 | 154148 | 4020 | 17677 | - | 75321 | 97018 | -57130 | | 59462 | 111546 | 0,53 | СО-1 | | |
| | | | | | Черговий | 110540 | 20039 | - | - | 130579 | - | - | 23408 | - | 23408 | -107171 | | 111546 | | | | | |
| 107 | Склад тари | 476 | 6,3 | 16 | Основний | 2486 | 704 | 938 | 1512 | 5640 | 1449 | 409 | - | | 1858 | -3782 | | 3936 | 3936 | 2,20 | СО-2 | | |
| | | | | | Черговий | 2224 | 434 | - | - | 2658 | - | - | 938 | - | 938 | -1720 | | 1791 | | | | | |
| 108 | Пакувальне відділення свіжоспеченої продукції | 1396 | 6,3 | 18 | Основний | 8831 | 1408 | 1305 | 1170 | 12714 | 2870 | 1207 | - | 4047 | 8124 | -4590 | | 4777 | 8316 | 0,57 | СО-3 | | |
| | | | | | Черговий | 7947 | 1348 | - | - | 9295 | - | - | 1305 | - | 1305 | -7990 | | 8316 | | | | | |
| 109 | Кімната комірника свіжоспеченої продукції | 62 | 2,8 | 18 | Основний | 643 | 201 | 101 | | 946 | 306 | 27 | - | | 333 | -613 | | 638 | 638 | 1,14 | СО-4 | | |
| | | | | | Черговий | 579 | 60 | - | - | 639 | - | - | 101 | - | 101 | -538 | | 560 | | | | | |
| 112 | Пакувальне відділення замороженої продукції | 4010 | 4,0 | 12 | Основний | 9630 | 1810 | 1358 | 6342 | 19141 | 5220 | 3450 | - | | 8670 | -10471 | | 10898 | 10898 | 1,38 | СО-5 | | |
| | | | | | Черговий | 5721 | 3229 | - | - | 8949 | - | - | 1358 | | 1358 | -7591 | | 7901 | | | | | |
| 106 | Склад пакувальних матеріалів | 1283 | 6,3 | 16 | Основний | 6394 | 805 | 1703 | 2358 | 11259 | 1224 | 1104 | - | | 2328 | -8931 | | 9296 | 9296 | 1,72 | СО-6 | | |
| | | | | | Черговий | 5721 | 1174 | - | - | 6895 | - | - | 1703 | - | 1703 | -5192 | | 5404 | | | | | |
| 117 | Відділення тістообробованого ліній виробів з листового тіста | 2045 | 4,0 | 16 | Основний | 2405 | 603 | 5728 | 3713 | 12449 | 1740 | 2281 | - | 6781 | 10802 | -1647 | | 1715 | 1715 | | СО-7 | | |
| | | | | | Черговий | 2152 | 1869 | - | - | 4021 | - | - | 5728 | - | 5728 | | 1707 | 0 | | | | | |

| Гідрравлічний розрахунок розподільних трубопроводів вітки двофазної системи опалення цеху № 3 | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| (теплова потужність системи опалення цеху № 3 59462 Вт) | | | | | | | | | | | | | |
| Номер розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | Витрата води на ділянці | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів | Приведений коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянці | Загальні втрати тиску |
| № діл. | Q _{діль.} , Вт | G, кг/год | l, м | d, мм | λ/d , м ⁻¹ | G/v, (кг/год)/(м/с) | A, Па/ (кг/год) ² | V, м/с | $\Sigma \xi$ | $\xi_{\text{ср}}$ | S, Па/ (кг/год) ² | $\Delta P_{\text{діль.}}$, Па | $\Sigma \Delta P$, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ВТВ-1 | 29731 | 1278 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,274 | 6 | 23 | 0,000523 | 855 | 855 |
| 1-2 | 26015 | 1119 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,240 | 9 | 18 | 0,000408 | 511 | 1366 |
| 2-3 | 22299 | 959 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,205 | 9 | 18 | 0,000415 | 382 | 1748 |
| 3-4 | 18583 | 799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,171 | 9 | 18 | 0,000415 | 265 | 2013 |
| 4-5 | 14867 | 639 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,179 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 299 | 2312 |
| 5-6 | 11151 | 479 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,134 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 168 | 2480 |
| 6-7 | 7435 | 320 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,157 | 25,5 | 90 | 0,010561 | 1079 | 3559 |
| 7-8 | 3719 | 160 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 228 | 3787 |
| 8-8' | 3719 | 160 | 1 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 19 | 22 | 0,006895 | 176 | 3964 |
| 8'-7' | 3719 | 160 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,128 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 228 | 4191 |
| 7'-6' | 7435 | 320 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,157 | 25,5 | 90 | 0,010596 | 1083 | 5275 |
| 6'-5' | 11151 | 479 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,134 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 171 | 5445 |
| 5'-4' | 14867 | 639 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,179 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 304 | 5749 |
| 4'-3' | 18583 | 799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,171 | 9 | 19 | 0,000422 | 269 | 6018 |
| 3'-2' | 22299 | 959 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,205 | 9 | 19 | 0,000422 | 388 | 6406 |
| 2'-1' | 26015 | 1119 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,240 | 9 | 18 | 0,000399 | 500 | 6906 |
| 1'-ВТВ | 29731 | 1278 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,274 | 6 | 30 | 0,000669 | 1094 | 8000 |
| | | | | | | | | | | | | Всього | 70074 |

Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів вітки двохтрубної системи опалення цеху № 3

(теплова потужність системи опалення цеху № 3 111546 Вт)

| Номер розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | Витрата води на ділянку | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів | Приведений коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянці | Загальні втрати тиску |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| № діл. | $Q_{дл}, \text{Вт}$ | $G, \text{кг/год}$ | $l, \text{м}$ | $d, \text{мм}$ | $\lambda/d, \text{м}^{-1}$ | $G/v, \text{(кг/год)/(м/с)}$ | $A, \text{Па/(кг/год)}^2$ | $V, \text{м/с}$ | $\Sigma \xi$ | $\xi_{пр}$ | $S, \text{Па/(кг/год)}^2$ | $\Delta P_{дл}, \text{Па}$ | $\Sigma \Delta P, \text{Па}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ВТВ-1 | 55773 | 2398 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,514 | 6 | 23 | 0,000523 | 3009 | 3009 |
| 1-2 | 48802 | 2098 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,449 | 9 | 18 | 0,000408 | 1798 | 4807 |
| 2-3 | 41831 | 1799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,385 | 9 | 18 | 0,000415 | 1343 | 6150 |
| 3-4 | 34860 | 1499 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,321 | 9 | 18 | 0,000415 | 933 | 7083 |
| 4-5 | 27889 | 1199 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,335 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 1052 | 8135 |
| 5-6 | 20918 | 899 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,251 | 9,5 | 19 | 0,000732 | 592 | 8727 |
| 6-7 | 13947 | 600 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,294 | 25,5 | 90 | 0,010561 | 3798 | 12525 |
| 7-8 | 6971 | 300 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 801 | 13326 |
| 8-8' | 6971 | 300 | 1 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 19 | 22 | 0,006895 | 620 | 13946 |
| 8'-7' | 6971 | 300 | 14 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,0003150 | 0,240 | 12,5 | 28 | 0,008911 | 801 | 14746 |
| 7'-6' | 13942 | 600 | 63 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,0001180 | 0,294 | 25,5 | 90 | 0,010596 | 3808 | 18555 |
| 6'-5' | 20913 | 899 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,251 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 601 | 19156 |
| 5'-4' | 27884 | 1199 | 9 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,0000383 | 0,335 | 9,5 | 19 | 0,000743 | 1068 | 20224 |
| 4'-3' | 34855 | 1499 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,321 | 9 | 19 | 0,000422 | 948 | 21171 |
| 3'-2' | 41826 | 1799 | 9 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,385 | 9 | 19 | 0,000422 | 1365 | 22536 |
| 2'-1' | 48797 | 2098 | 8 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,449 | 9 | 18 | 0,000399 | 1758 | 24294 |
| 1'-ВТВ | 55768 | 2398 | 23 | 40 | 0,75 | 4670 | 0,0000225 | 0,513 | 6 | 30 | 0,000669 | 3849 | 28144 |
| | | | | | | | | | | | | Всього | 246534 |