

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра технічної теплофізики

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Сергій ВАНЄЄВ
(підпис)

« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»,
освітньо-професійної програми «Холодильні машини і установки»
на тему: «Розробка системи опалення для приміщення площею 68м² на базі
теплонасосної установки»

Здобувач групи ХКдн-94др
Анатолійович

Тараненко

Владислав

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ **Тараненко**
(підпис)

Владислав

Керівник

к.т.н., доцент Станіслав МЕЛЕЙЧУК

(підпис)

Суми 2023

ЗМІСТ

1. ВСТУП	3
1.1 Мета та завдання дослідження:	3
1.2 Об'єкт та предмет дослідження:	4
1.3 Практична значимість	4
1.4 Опис теплопередачі в теплонасосних системах:	5
1.5 Види теплонасосних установок та їх принципи роботи:	6
1.6 Вибір теплонасосної установки для системи опалення	7
1.7 Визначення тепловтрат відповідно до нормативних документів	9
1.8 Особливості конструкції будівлі та її теплоізоляція	10
1.9 Розрахунок необхідної потужності теплонасосної установки	12
1.10 Вибір оптимального типу теплонасосної установки	13
2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	15
2.1. Розрахунок теплових втрат приміщення	16
2.1.1. Тепловтрати через стіни	17
2.1.2. Тепловтрати через дах	19
2.1.3. Тепловтрати через підлогу	20
2.1.4. Тепловтрати через вікна	22
2.1.5. Тепловтрати через двері	22
2.3. Принципова схема системи опалення приміщення	23
2.4. Розрахунок циклу та інтегральних параметрів ТНУ	25
2.5 Підбір теплонасосної установки	28
3. РОЗРАХУНОК ПЛАСТИНЧАСТОГО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА	31
3.1 Загальні положення	31
4. Охорона праці	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тараненко В.А.			Розробка системи опалення приміщення площею 68м ² на базі теплонасосної установки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Провер.</i>		Мелейчук					2	
<i>Реценз.</i>						СумДУ ХКдн-94др		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Вансєв						

1. ВСТУП

Застосування теплонасосних установок для опалення приміщень стає дедалі популярнішим рішенням, оскільки вони забезпечують високу енергоефективність та мінімізують використання традиційних джерел енергії, таких як паливо.

Україна, як країна зі значними кліматичними вимогами до опалення протягом холодного сезону, потребує розробки та впровадження енергоефективних систем опалення для забезпечення комфорту у приміщеннях та зменшення витрат на опалення. Тому розробка системи опалення на базі теплонасосної установки є актуальною і відповідає потребам сучасного будівництва та енергоефективності.

Крім того, враховуючи зростаючі ціни на енергетичні ресурси, використання теплонасосних систем може значно знизити витрати на опалення та покращити фінансову стійкість власників будівель. Така система опалення може бути економічно вигідною та довготривалою інвестицією, забезпечуючи економію енергії та зниження викидів CO₂ в атмосферу.

1.1 Мета та завдання дослідження:

Метою даного дослідження є розробка системи опалення для приміщення площею 68м² на базі теплонасосної установки. Головною метою є забезпечення енергоефективного та комфортного опалення приміщення з мінімальним використанням традиційних джерел енергії та негативним впливом на навколишнє середовище.

Для досягнення цієї мети висувуються такі завдання дослідження:

1. Вивчення і аналіз принципів роботи теплонасосних систем та їх використання в системах опалення.
2. Розрахунок теплових параметрів системи опалення на основі характеристик приміщення та вимог щодо комфорту.
3. Визначення теплових втрат приміщення, включаючи втрати через стіни, дах, підлогу, вікна та двері.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

4. Розробка принципової схеми системи опалення, включаючи компоненти та їх розташування.
5. Визначення оптимальних параметрів теплонасосної установки, враховуючи теплові навантаження та енергетичні потреби приміщення.
6. Економічна оцінка впровадження теплонасосної системи опалення, включаючи вартість установки, експлуатаційні витрати та потенційні економії енергії.

1.2 Об'єкт та предмет дослідження:

Об'єктом дослідження є система опалення приміщення площею 68м² на базі теплонасосної установки. Об'єктом є саме приміщення та всі його компоненти, які впливають на енергетичні показники системи опалення.

Предметом дослідження є розробка та оптимізація системи опалення на базі теплонасосної установки для забезпечення енергоефективності, комфортного та стабільного опалення приміщення площею 68м². Включаючи аналіз принципів роботи теплонасосних систем, розрахунок теплових параметрів, визначення теплових втрат, розробку принципової схеми системи опалення та вибір оптимальних параметрів теплонасосної установки.

1.3 Практична значимість

Практична значимість розробки системи опалення на базі теплонасосної установки виявляється в наступних аспектах:

1. Енергоефективність: Використання теплонасосних установок дозволяє ефективно використовувати відновлювальну енергію, що знаходиться в навколишньому середовищі, таку як повітря, ґрунт або вода. Теплонасоси витрачають мінімум електроенергії для перетворення цієї енергії на тепло, що використовується для опалення приміщення. Це призводить до значних знижень у споживанні електроенергії, що в свою чергу зменшує витрати на опалення та позитивно впливає на енергетичну ефективність будівлі.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

2. Екологічна чистота: Використання теплонасосної системи для опалення допомагає зменшити залежність від традиційних видів палива, таких як газ або нафта. Це призводить до зниження викидів шкідливих газів і вуглецю в атмосферу, що сприяє зниженню впливу на зміну клімату та поліпшенню якості повітря. Використання відновлювальної енергії також сприяє збереженню природних ресурсів та збалансованому використанню енергетичних джерел.

3. Комфорт та стабільність: Система опалення на базі теплонасосної установки забезпечує комфортні умови в приміщенні, оскільки може забезпечити постійне та рівномірне постачання тепла без значних коливань температури. Теплонасосні системи також можуть забезпечувати охолодження влітку, що є додатковою перевагою, особливо в регіонах з високими літніми температурами.

4. Економічні вигоди: Впровадження системи опалення на базі теплонасосної установки може призвести до зниження витрат на опалення та експлуатацію в порівнянні з традиційними системами. Хоча вартість установки теплонасосної системи може бути вищою початково, довгострокові економічні вигоди, пов'язані зі зниженням витрат на енергію та підтримкою енергоефективного режиму, можуть бути значними.

1.4 Опис теплопередачі в теплонасосних системах:

В теплонасосних системах теплопередача відбувається за допомогою теплообмінників, які забезпечують передачу тепла між джерелом тепла (навколишнім середовищем, таким як повітря, ґрунт або вода) і опалюваною зоною (приміщенням). Теплопередача у теплонасосних системах включає декілька етапів:

1. Збір тепла з джерела: Теплонасосна установка використовує певне джерело тепла, наприклад, повітря або ґрунт, яке має вищу температуру, ніж опалювана зона. Це джерело тепла може бути природним або штучним.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

Теплонасос витягує тепло з цього джерела, використовуючи робочий флюїд (холодоагент), який циркулює в системі.

2. Теплова передача в теплообміннику: Робочий флюїд, що містить набране тепло, протікає через теплообмінник, який знаходиться в опалюваній зоні. Теплообмінник передає тепло з робочого флюїду на систему опалення, яка може бути радіаторами, підлоговими системами опалення або конвекторами. В цьому процесі тепло з робочого флюїду передається через стінки теплообмінника на опалювальний елемент системи опалення, тим самим нагріваючи повітря або іншу передавальну речовину, яка потім переносить тепло в приміщення.

3. Теплопередача в опалювану зону: Після передачі тепла в систему опалення, опалювальні елементи розподіляють тепло по приміщенню. Це може включати конвекцію, коли тепле повітря піднімається та розподіляється вздовж приміщення, а також випромінювання тепла від радіаторів або підлоги.

1.5 Види теплонасосних установок та їх принципи роботи:

В сучасних системах опалення на базі теплонасосних установок можна виділити кілька типів теплонасосів, що використовуються для забезпечення енергетичних потреб приміщення. Кожен тип теплонасосної установки має свій власний принцип роботи. Розглянемо основні види теплонасосних установок та їх принципи роботи:

1. Водяний теплонасос (водо-водяний теплонасос): Цей тип теплонасосної установки використовує воду як теплоносій, який циркулює між джерелом тепла (наприклад, підземною водою або озером) і системою опалення. Принцип роботи полягає у відборі тепла з джерела тепла за допомогою теплообмінника, де робочий флюїд (наприклад, холодоагент) нагрівається і перетворюється в пару. Потім пара стискається, підвищуючи її температуру, і передає нагрівальну енергію системі опалення. Після передачі

тепла робочий флюїд повертається до теплообмінника, де відбувається процес конденсації і зміна фази назад у рідке стан.

2. Повітряний теплонасос: В цьому типі теплонасосних установок повітря виступає як джерело тепла. Повітря вбирається з навколишнього середовища і проходить через теплообмінник, де йому відбирається тепло і робочий флюїд (холодоагент) нагрівається. Нагрітий робочий флюїд потім проймає процес стиснення, що збільшує його температуру, і передає нагрівальну енергію системі опалення. Після цього робочий флюїд проходить процес конденсації та повертається до теплообмінника для подальшої циркуляції.

3. Грунтовий теплонасос: Цей тип теплонасосних установок використовує енергію, яка зберігається у ґрунті. Зазвичай за допомогою земельних колодязів або ґрунтових колекторів здійснюється збір тепла з ґрунту. У теплообміннику робочий флюїд нагрівається за рахунок тепла, яке вилучається з ґрунту. Подальше обігрівання системи опалення відбувається так само, як у випадку водяного теплонасосу або повітряного теплонасосу.

Кожен з цих типів теплонасосних установок має свої переваги та особливості використання. Вибір конкретного типу теплонасосної установки залежить від умов довкілля, доступних ресурсів та вимог системи опалення.

1.6 Вибір теплонасосної установки для системи опалення

Вибір теплонасосної установки для системи опалення є важливим етапом проектування, оскільки від цього залежить ефективність, енергозбереження і комфорт приміщення. При виборі теплонасосної установки для системи опалення необхідно враховувати ряд факторів. Розглянемо детальніше основні критерії, які слід враховувати при виборі теплонасосної установки:

1. Енергетичні потреби: Спочатку необхідно визначити потребу в опалювальній енергії для конкретного приміщення або будівлі. Це залежить

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

від площі приміщення, його теплоізоляції, розташування та кліматичних умов регіону. Чим більші енергетичні потреби, тим потужніший теплонасос необхідно вибрати.

2. Джерело тепла: Наступним критерієм є доступність та тип джерела тепла. Для водяного теплонасосу необхідно наявність підземних водних джерел або озер, з яких можна забрати тепло. Повітряний теплонасос використовує навколишнє повітря, тому цей тип підходить для будівель, де немає доступу до водних джерел. Грунтовий теплонасос передбачає наявність ґрунтового джерела тепла, яке може бути зібране через колодязі або колектори.

3. Коефіцієнт продуктивності (COP): Коефіцієнт продуктивності вказує на ефективність роботи теплонасосної установки. Чим вище значення COP, тим більш енергоефективна система. Потрібно вибрати теплонасос з високим COP, щоб забезпечити ефективне використання енергії та зниження енергетичних витрат.

4. Тип системи опалення: Вибір теплонасосної установки також залежить від типу системи опалення, яку ви плануєте використовувати. Наприклад, система з радіаторами вимагатиме вищих температур опалювального носія, тому необхідно вибрати потужний теплонасос, що забезпечує достатню температуру. У системі з підлоговим опаленням, яка працює з низькими температурами, можна використовувати менш потужний теплонасос.

5. Вартість та економічні показники: Врахуйте вартість придбання теплонасосної установки, встановлення та обслуговування. Також оцініть потенційні економічні вигоди від використання теплонасоса, такі як зниження витрат на опалення і енергозбереження.

При виборі теплонасосної установки необхідно збалансувати всі ці критерії і врахувати специфіку конкретного проекту. Консультуйтеся з фахівцями, проводьте обчислення та аналізуйте параметри, щоб забезпечити

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

оптимальний вибір теплонасосної установки для системи опалення вашого приміщення.

1.7 Визначення тепловтрат відповідно до нормативних документів

Для ефективного проектування системи опалення необхідно враховувати тепловтрати приміщення. Визначення тепловтрат проводиться відповідно до нормативних документів, які встановлюють вимоги до енергоефективності будівель та методи їх розрахунку. Основні критерії, які враховуються при визначенні тепловтрат, включають:

1. Теплова ізоляція конструкцій: Оцінка теплових втрат залежить від ефективності теплоізоляції стін, даху, підлоги, вікон та дверей будівлі. Нормативні документи визначають параметри теплопровідності матеріалів, їх товщину та інші характеристики, які використовуються для розрахунку теплових втрат через конструкції.

2. Параметри вентиляції: Нормативи передбачають також розрахунок тепловтрат через вентиляційну систему. Це включає визначення об'єму повітря, який обмінюється в будівлі, температурних режимів вентиляції та коефіцієнтів тепловіддачі для різних типів вентиляційних систем.

3. Коефіцієнти тепловіддачі: Для розрахунку тепловтрат використовуються також коефіцієнти тепловіддачі для різних матеріалів та елементів будівлі, таких як вікна, двері, фасади тощо. Ці коефіцієнти враховують вплив теплопередачі через матеріали на зовнішню температуру та внутрішній мікроклімат приміщення.

4. Умови експлуатації: Визначення тепловтрат також залежить від умов експлуатації будівлі. Наприклад, час використання опалення, температурні режими, вологість повітря та інші фактори можуть впливати на тепловтрати.

Після визначення тепловтрат згідно з нормативними документами можна продовжувати розрахунок теплових параметрів системи опалення та вибір необхідної потужності теплонасосної установки.

Для визначення тепловтрат відповідно до нормативних документів, перш за все, необхідно ознайомитись з відповідними правилами, нормами та стандартами, що регулюють енергоефективність будівель. В Україні, наприклад, це можуть бути такі нормативні документи як "Норми теплової ізоляції будинків", "Правила улаштування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря", "Правила розрахунку на опалювання".

1.8 Особливості конструкції будівлі та її теплоізоляція

Особливості конструкції будівлі та її теплоізоляція мають велике значення для забезпечення ефективності системи опалення. Конструкція будівлі включає стіни, дах, підлогу, вікна, двері та інші елементи, які мають вплив на тепловтрати.

Одним з важливих аспектів є якість теплоізоляції конструкцій. Теплоізоляція полягає в установленні шарів теплоізоляційних матеріалів, які зменшують теплопередачу через стіни, дах і підлогу будівлі. Це дозволяє зберігати внутрішню теплоту і запобігає втратам тепла на зовнішню сторону будівлі. Для досягнення ефективної теплоізоляції використовуються різні матеріали, такі як мінеральна вата, пінополістирол, пінопласт та інші.

Крім теплоізоляції, також важливо враховувати особливості конструкції будівлі, наприклад, наявність теплових мостику. Тепловий міст - це місце, де ізоляція обривається або знижується, що спричиняє збільшення тепловтрат. Такі місця можуть бути, наприклад, приєднання стіни до фундаменту, з'єднання стін або вікон зі стінами тощо. Для мінімізації теплових мостів застосовуються спеціальні теплоізоляційні матеріали та технології.

Також важливо враховувати герметичність будівлі, оскільки незадовільна герметичність може призводити до непередбачуваних тепловтрат. При проектуванні та будівництві необхідно враховувати правильне ущільнення з'єднань між конструкціями, встановлення

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

герметичних вікон і дверей, а також застосування інших заходів для забезпечення мінімальних витрат тепла через неперхідність будівлі.

Усі ці фактори - теплоізоляція, уникнення теплових мостів та герметичність - мають важливе значення для ефективності системи опалення. Правильна конструкція та теплоізоляція будівлі дозволяють зменшити тепловтрати, підвищити енергоефективність та забезпечити комфортний мікроклімат всередині приміщення.

Детальна увага до конструкції будівлі та її теплоізоляції є важливою для забезпечення енергоефективності системи опалення і зменшення тепловтрат. Особливості конструкції будівлі включають розташування стін, даху, підлоги, вікон, дверей та інших елементів.

Стіни будівлі можуть бути зроблені з різних матеріалів, таких як цегла, бетон, каркасні панелі або інші конструкційні матеріали. Важливо враховувати теплоізоляційні властивості цих матеріалів та їх товщину. Також враховуються додаткові шари теплоізоляційних матеріалів, які можуть бути встановлені на стінах для поліпшення їх теплоізоляції.

Дах будівлі також має велике значення для тепловтрат. Для забезпечення ефективної теплоізоляції можуть використовуватися шари утеплювачів, які розміщуються між конструкційними шарами даху. Додатково, враховується наявність теплоізоляційних матеріалів у покритті даху, таких як утеплення під покриттям або утеплювальні плити на поверхні даху.

Підлога будівлі також може бути джерелом тепловтрат. Для зменшення тепловтрат використовуються теплоізоляційні матеріали, які встановлюються під підлогою або утеплювальні покриття на поверхні підлоги.

Вікна та двері є потенційними місцями для витоку тепла. Вони повинні мати належну теплоізоляцію, щоб уникнути тепловтрат через них. Використовуються теплоізоляційні склопакети, утеплені рами вікон та герметичні ущільнювачі на дверях для забезпечення ефективної теплоізоляції.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

При проектуванні гідравлічної системи опалення необхідно враховувати особливості конструкції будівлі і використовувати відповідні теплоізоляційні матеріали та технології. Це допоможе забезпечити мінімальні тепловтрати і забезпечити ефективну роботу системи опалення.

1.9 Розрахунок необхідної потужності теплонасосної установки

Розрахунок необхідної потужності теплонасосної установки є важливим етапом проектування системи опалення. Для визначення необхідної потужності теплонасосу потрібно враховувати кілька факторів:

1. Тепловтрати приміщення: Спочатку необхідно визначити тепловтрати приміщення. Це включає тепловтрати через стіни, дах, підлогу, вікна та двері. Ці значення виражаються в кіловаттах або втратах тепла на годину.

2. Коефіцієнт продуктивності (COP) теплонасосу: Коефіцієнт продуктивності теплонасосу визначає його ефективність у перетворенні електричної енергії в теплову енергію. COP залежить від різних факторів, таких як температура навколишнього середовища, температура нагрівального середовища та температурний різниця між ними. Використовуються технічні характеристики теплонасосу та дані виробника для визначення COP.

3. Зовнішні температури: Враховуються середньорічна зовнішня температура та екстремальні зимові температури в регіоні. Це допомагає визначити режим роботи теплонасосної установки при найбільших тепловтратах і забезпечити достатню потужність для опалення приміщення навіть у холодні періоди.

4. Коефіцієнт запасу: Додатково до потрібної потужності рекомендується враховувати коефіцієнт запасу, який забезпечує додаткову потужність для компенсації непередбачених факторів, таких як втрати тепла через вітряні щели або неконтрольоване використання інших електричних приладів.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

1.10 Вибір оптимального типу теплонасосної установки

Вибір оптимального типу теплонасосної установки для системи опалення залежить від кількох факторів, таких як:

1. Джерело енергії: Теплонасоси можуть використовувати різні джерела енергії, такі як ґрунт, повітря або вода. Вибір залежить від доступності та вартості джерела енергії в конкретній локації. Наприклад, якщо є доступ до підземних ґрунтових вод або ґрунтового тепла, то теплові насоси, які використовують ці джерела, можуть бути більш ефективними та економічними.

2. Потужність теплонасосу: Потужність теплонасосу повинна відповідати тепловим потребам приміщення. Розрахунок потужності вже був здійснений в попередніх розділах дипломного проекту. Необхідно обрати теплову насосну установку з потужністю, яка забезпечить ефективне опалення приміщення.

3. Енергоефективність: Варто звернути увагу на енергоефективність теплонасосних установок. Більш ефективні системи забезпечують кращу продуктивність і економію енергії, що може вплинути на зниження енергетичних витрат.

4. Вартість та доступність: Вибір теплонасосної установки повинен враховувати вартість самої системи та її монтажу. Важливо збалансувати вартість із енергоефективністю та потужністю системи, щоб знайти оптимальний варіант, який задовольнятиме бюджетні обмеження та вимоги щодо опалення.

5. Технічні особливості та функціональні можливості: Різні типи теплонасосних установок можуть мати різні технічні характеристики та функціональні можливості. Варто вивчити характеристики різних моделей теплових насосів, їхню надійність, можливості управління та інтеграції з іншими системами.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Під час вибору оптимального типу теплонасосної установки для системи опалення приміщення площею 68 м² важливо враховувати такі деталі:

1. Тип теплонасосної установки:

- Грунтові теплові насоси: Цей тип теплонасосів використовує тепловий обмін з ґрунтом як джерелом енергії. Вони можуть бути горизонтальними або вертикальними системами. Грунтові теплові насоси є ефективними у відносно стабільних кліматичних умовах і вимагають відповідної площі для укладання колекторів або свердловин.
- Повітряні теплові насоси: Цей тип теплонасосів використовує повітря як джерело енергії. Вони прості у монтажі та мають менші вимоги до простору. Однак, їхній робота може бути менш ефективною у холодніші періоди, коли зовнішня температура знижується.
- Водяні теплові насоси: Цей тип теплонасосів використовує воду як джерело енергії. Вони можуть бути використані в системах опалення з підключенням до водойм або системи водопостачання. Водяні теплові насоси зазвичай є найефективнішими, але можуть бути складнішими у монтажі та вимагати спеціального обладнання.

2. Коефіцієнт продуктивності (COP): Коефіцієнт продуктивності вказує на ефективність теплонасосної установки і вимірює співвідношення виділеної теплової потужності до споживаної електричної енергії. Більш високе значення COP означає більш ефективну систему. Важливо порівняти COP різних моделей теплових насосів, щоб знайти оптимальний варіант.

3. Потужність теплонасосу: Визначення потужності теплонасосної установки включає врахування розрахованих тепловтрат приміщення, розмірів будівлі, ізоляції та інших факторів. Важливо вибрати тепловий насос, який забезпечить достатню потужність для ефективного опалення приміщення без перевищення потреби.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

4. Додаткові функціональні можливості: Різні моделі теплових насосів можуть мати додаткові функції, такі як режими охолодження, підтримка гарячого водопостачання, можливість інтеграції з іншими системами (наприклад, системи "розумний дім"). Важливо зрозуміти потреби та вимоги вашого проекту і вибрати тепловий насос, який найкраще задовольнить ці потреби.

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Схема приміщення, що планується опалювати, зображена на рисунку 2.1. На рисунку 2.1 – представлена схема поверху навчальної аудиторії.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

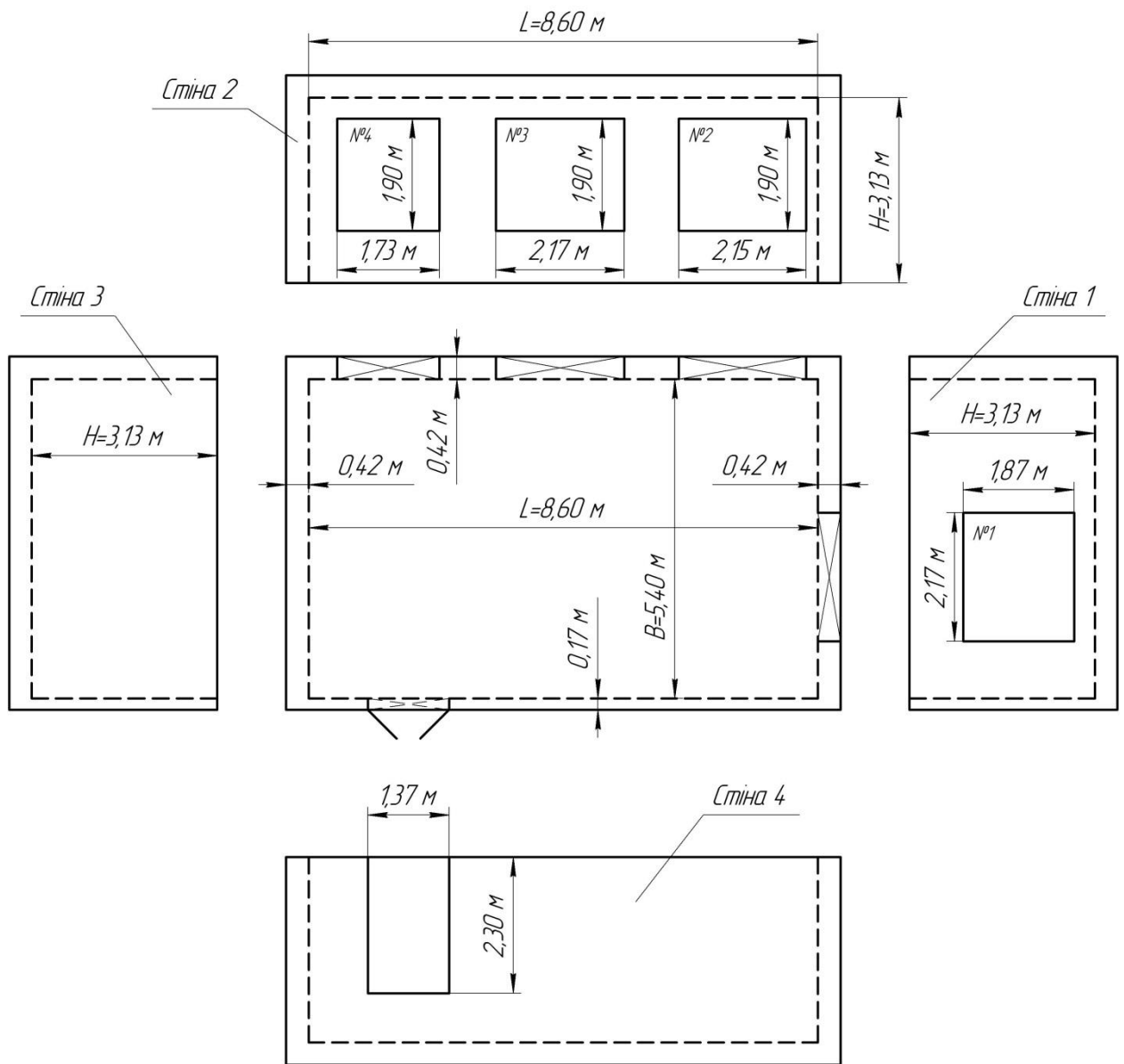


Рисунок 2.1а – Схема другого поверху навчальної аудиторії

2.1. Розрахунок теплових втрат приміщення

Тепловтрати через огорожувальні конструкції, кВт

$$Q_{ог} = Q_{ст} + Q_{дах} + Q_{нід} + Q_{вік} + Q_{ов}, \quad (2.1)$$

де $Q_{ст}$ – тепловтрати через стіни;

$Q_{дах}$ – тепловтрати через дах;

Q_{nid} – тепловтрати через підлогу;

$Q_{вікн}$ – тепловтрати через вікна;

$Q_{дв}$ – тепловтрати через двері.

2.1.1. Тепловтрати через стіни

Розглянемо тепловтрати через стіни. Схема розрізу стіни представлена на рис. 2.2.

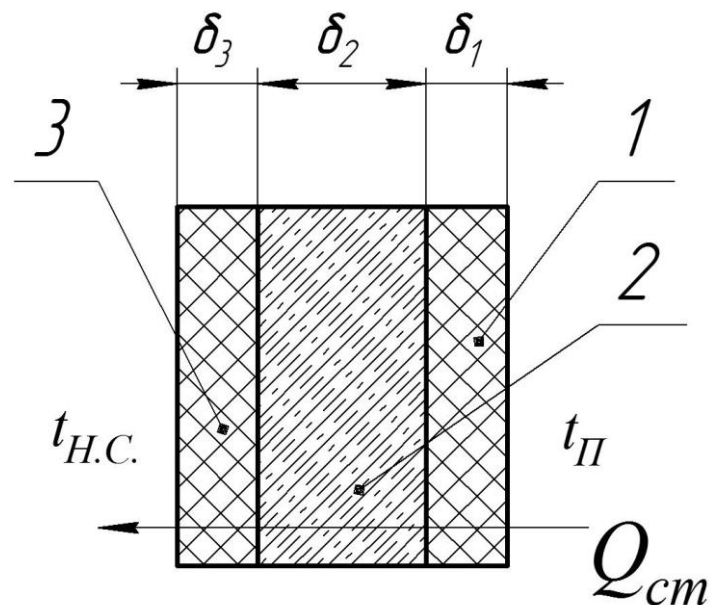


Рисунок 2.2 – Розріз стіни:

1 – внутрішній шар штукатурки $\left(\lambda_1 = 0,9 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_1 = 0,020 м \right)$;

2 – цегляна кладка $\left(\lambda_2 = 0,82 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_2 = 0,380 м \right)$;

3 – зовнішній шар штукатурки $\left(\lambda_3 = 0,9 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_3 = 0,020 м \right)$;

Значення коефіцієнтів теплопровідності λ вибрані згідно даних, наведених .

Отже тепловтрати через стіни, кВт

$$Q_{cm} = k_{зov.cm} \cdot \Sigma F_{cm} \cdot (t_{II} - t_{H.C.}), \quad (2.2)$$

де $k_{зov.cm} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{BT}}}$ – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$,

тут α_3, α_{BT} , – коефіцієнти тепловіддачі відповідно для зовнішньої та внутрішньої сторони стін. Згідно [3, табл. 3.4, с. 7]:

$$\alpha_3 = 23,2 \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \text{ та } \alpha_{BT} = 8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Таким чином, коефіцієнт теплопередачі для стін

$$k_{зov.cm} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,38}{0,82} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{1}{8,7}} = 1,5 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

В даній роботі згідно рис. 2.1 зовнішніми стінами є три стіни товщиною 0,42 м. Площа стін обраховується як різниця повної площі стіни і площі вікон та дверей. Отже маємо

$$F_{зov.cm.1} = H \cdot B - F_{вікн.1} = 3,13 \cdot 5,40 - 2,17 \cdot 1,87 = 12,8 \text{ м}^2;$$

$$F_{зov.cm.2} = H \cdot L - \sum F_{вікн} = 3,13 \cdot 8,60 - (1,73 \cdot 1,90 + 2,17 \cdot 1,90 + 2,15 \cdot 1,90) = 15,4 \text{ м}^2;$$

$$F_{зov.cm.3} = H \cdot B = 3,13 \cdot 5,40 = 16,9 \text{ м}^2.$$

Розглянемо тепловтрати через внутрішню стіну.

Принципова схема розрізу внутрішньої стіни (стіна 4 на рис. 2.1) представлена на рис. 2.2 із уточненнями, а саме товщина цегляної кладки $\delta_2 = 0,120 \text{ м}$, товщина шарів штукатурки $\delta_1 = 0,030 \text{ м}$, $\delta_3 = 0,020 \text{ м}$.

Коефіцієнт теплопередачі для внутрішньої стіни

$$k_{вн.cm.4} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{0,03}{0,9} + \frac{0,12}{0,82} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{1}{8,7}} = 2,4 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Площа стіни

$$F_{\text{вн.ст.4}} = H \cdot L - F_{\text{дв}} = 3,13 \cdot 8,60 - 1,37 \cdot 2,30 = 23,8 \text{ м}^2.$$

Загальна тепловитрата через стіни:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ст}} &= k_{\text{зов.ст}} \cdot \Sigma F_{\text{ст.1,2,3}} \cdot (t_{\text{П}} - t_{\text{Н.С.}}) + k_{\text{вн.ст.4}} \cdot F_{\text{вн.ст.4}} \cdot (t_{\text{П}} - t_{\text{Н.С.}}) = \\ &= (20 - (-20)) \cdot (1,5 \cdot (16,9 + 15,4 + 12,8) + 2,4 \cdot 23,8) = 4,99 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

2.1.2. Тепловтрати через дах

Розглянемо тепловтрати через дах. Схема розрізу даху представлена на рис. 2.3.

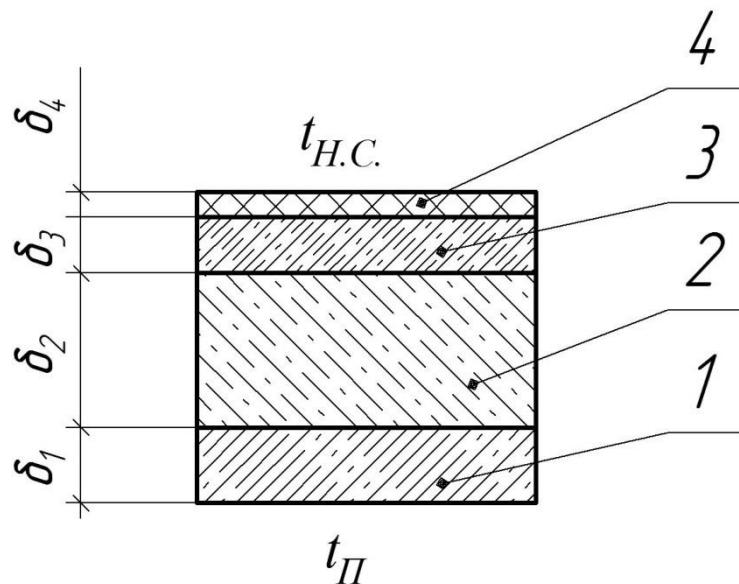


Рисунок 2.3 – Розріз даху:

- 1 – залізобетонна плита $\left(\lambda_1 = 1,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, \delta_1 = 0,220 \text{ м} \right)$;
- 2 – керамзитовий гравій $\left(\lambda_2 = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, \delta_2 = 0,400 \text{ м} \right)$;
- 3 – бетонна стяжка $\left(\lambda_3 = 1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, \delta_3 = 0,040 \text{ м} \right)$;
- 4 – гідроізоляційне покриття – рубероїд $\left(\lambda_4 = 0,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, \delta_4 = 0,012 \text{ м} \right)$.

Значення коефіцієнтів теплопровідності λ вибрані згідно даних, наведених у [3, табл. 3.5, с. 9].

Тепловтрати через дах, кВт

$$Q_{\text{дах}} = k_{\text{дах}} \cdot F_{\text{дах}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}) = k_{\text{дах}} \cdot L \cdot B \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}), \quad (2.3)$$

де $k_{\text{дах}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{вТ}}}}$ – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$,

тут $\alpha_3, \alpha_{\text{вТ}}$, – коефіцієнти тепловіддачі відповідно для зовнішньої та внутрішньої сторони даху. Згідно [3, табл. 3.4, с. 7]:

$$\alpha_3 = 23,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \text{ та } \alpha_{\text{вТ}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Таким чином, коефіцієнт теплопередачі для даху

$$k_{\text{дах}} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{0,22}{1,5} + \frac{0,4}{0,23} + \frac{0,04}{1,2} + \frac{0,012}{0,18} + \frac{1}{8,7}} = 0,47 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Тепловтрати через дах

$$Q_{\text{дах}} = k_{\text{дах}} \cdot L \cdot B \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}) = 0,47 \cdot 8,6 \cdot 5,4 \cdot (20 - (-20)) = 0,87 \text{ кВт}.$$

2.1.3. Тепловтрати через підлогу

Розглянемо тепловтрати через підлогу. Розподіл підлоги на сектори представлений на рис. 2.4.

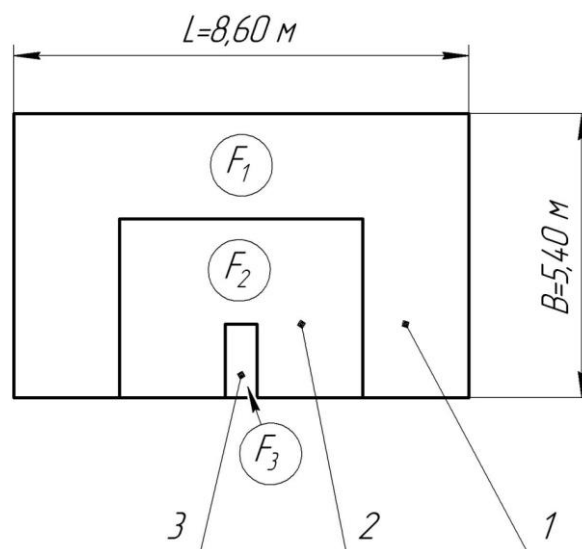


Рисунок 2.4 – Розподіл підлоги на сектори

Тепловтрати через підлогу, кВт

$$Q_{\text{нід}} = \sum (k_y \cdot F_i) \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}) \cdot m_{\text{нід}} \quad (2.4)$$

де k_y – умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$.

Згідно [3, с.60] $k_{y1} = 0,47 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$, $k_{y2} = 0,23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$, $k_{y3} = 0,12 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

F_i – площа відповідної зони підлоги, $м^2$;

$m_{\text{нід}}$ – коефіцієнт, що враховує зростання термічного опору за рахунок утеплення.

$$m_{\text{нід}} = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \sum \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right)},$$

де λ та δ – товщини та коефіцієнти теплопровідності матеріалів, які складають конструкцію підлоги:

1 – залізобетонна плита $\left(\lambda_1 = 1,5 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_1 = 0,22 \text{ м} \right)$;

2 – керамзитовий ґравій $\left(\lambda_2 = 0,23 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_2 = 0,2 \text{ м} \right)$;

3 – бетонна стяжка $\left(\lambda_3 = 1,2 \frac{Вт}{м \cdot К}, \delta_3 = 0,04 \text{ м} \right)$;

Таким чином,

$$m_{\text{нід}} = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \left(\frac{0,22}{1,5} + \frac{0,2}{0,23} + \frac{0,04}{1,2} \right)} = 0,433.$$

Знаходимо площі секторів підлоги

$$F_1 = 2 \cdot B + 2 \cdot B + 2 \cdot L = 2 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5,4 + 2 \cdot 8,6 = 38,8 \text{ м}^2;$$

$$\begin{aligned} F_2 &= 2 \cdot (L - 4) + 2 \cdot (B - 4) + 2 \cdot (B - 4) = \\ &= 2 \cdot (8,6 - 4) + 2 \cdot (5,4 - 4) + 2 \cdot (5,4 - 4) = 14,8 \text{ м}^2; \end{aligned}$$

$$F_3 = (L - 8) \cdot (B - 4) = (8,6 - 8) \cdot (5,4 - 4) = 0,84 \text{ м}^2.$$

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Площа першої двометрової зони враховується кожного разу за напрямками всіх зовнішніх стін, які складають зовнішній кут [3, с. 60].

Таблиця 2.1 – Площі секторів підлоги

Сектор i	1	2	3
Площа F_i, m^2	38,8	14,8	0,84

$$Q_{\text{ндо}} = (0,47 \cdot 38,8 + 0,23 \cdot 14,8 + 0,12 \cdot 0,84) \cdot (20 - (-20)) \cdot 0,433 = 0,38 \text{ кВт}.$$

2.1.4. Тепловтрати через вікна

Розглянемо тепловтрати через вікна.

$$Q_{\text{вікн}} = k_{\text{вікн}} \cdot \sum F_{\text{вікн}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}) \quad (2.5)$$

де $k_{\text{вікн}} = 1,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – середній коефіцієнт теплопередачі через вікна;

$\sum F_{\text{вікн}}$ – сумарна площа вікон, м^2 .

Отже

$$Q_{\text{вікн}} = 1,5 \cdot (2,17 \cdot 1,87 + 1,9 \cdot 2,15 + 1,9 \cdot 2,17 + 1,9 \cdot 1,73) \cdot (20 - (-20)) = 0,93 \text{ кВт}.$$

2.1.5. Тепловтрати через двері

Розглянемо тепловтрати через двері.

$$Q_{\text{дв}} = k_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н.с.}}) \quad (2.6)$$

де $k_{\text{дв}} = 1,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопередачі через двері;

$F_{\text{дв}}$ – площа дверей, м^2 .

Отже,

$$Q_{\text{дв}} = 1,35 \cdot 2,3 \cdot 1,37 \cdot (20 - (-20)) = 0,17 \text{ кВт}.$$

Таким чином, загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції

$$Q_{oz} = 4,99 + 0,87 + 0,38 + 0,93 + 0,17 = 7,34 \text{ кВт}.$$

Для використання ТНУ при температурах навколишнього середовища нижчих ніж -10°C рекомендовано застосовувати бівалентну схему ТНУ з попереднім підігрівом повітря навколишнього середовища.

Теплопродуктивність ТНУ у відповідності до розрахунків складає 7,34 кВт, також необхідно взяти 20% запас потужності для гарантованого забезпечення опалення приміщення, 8,8 кВт.

2.3. Принципова схема системи опалення приміщення

Принципова схема системи опалення приміщення зображена на рисунку 2.7. Для створення можливості нагріву санітарної (водопровідної) води в системі опалення приміщення (контур I) за допомогою теплонасосної установки (ТНУ), контур IV, реалізовано використання теплоти атмосферного повітря контуру III, як низько-потенційного джерела тепла.

В даній схемі передбачений додатковий проміжний контур теплоносія II для забезпечення подачі чистого теплоносія.

На лінії підведення теплоносія до насоса встановлений розширювальний бак-акумулятор Б тепла. Він необхідний, щоб забезпечити рівномірну подачу тепла до опалювального приміщення. Контур IV теплонасосної установки (ТНУ) виділений окремо пунктирною лінією.

Утилізація низькопотенційного джерела енергії передбачає забирання повітря з навколишнього середовища за допомогою вентилятора В. У цій схемі робота ТНУ допускається як у моновалентному, так і у бівалентному режимах. При зниженні температури повітря навколишнього середовища його підігрівають за допомогою додаткової роботи калорифера з наступним теплообміном у проміжному теплообміннику ПТ. У проміжному контурі теплообміну випарника ТНУ (контур між проміжним теплообмінником ПТ та випарником В із насосом

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Н1) передбачено використання етиленгліколю, щоб запобігти обмерзанню випарника. Конденсатор в схемі ТНУ виконує роль проміжного теплообмінника між холодильним агентом ТНУ та водою, яка є теплоносієм системи опалення. Конденсатор виконаний високоефективним теплообмінним апаратом пластинчастого типу. Він потрібен для забезпечення передачі максимальної кількості тепла до рідини системи опалення.

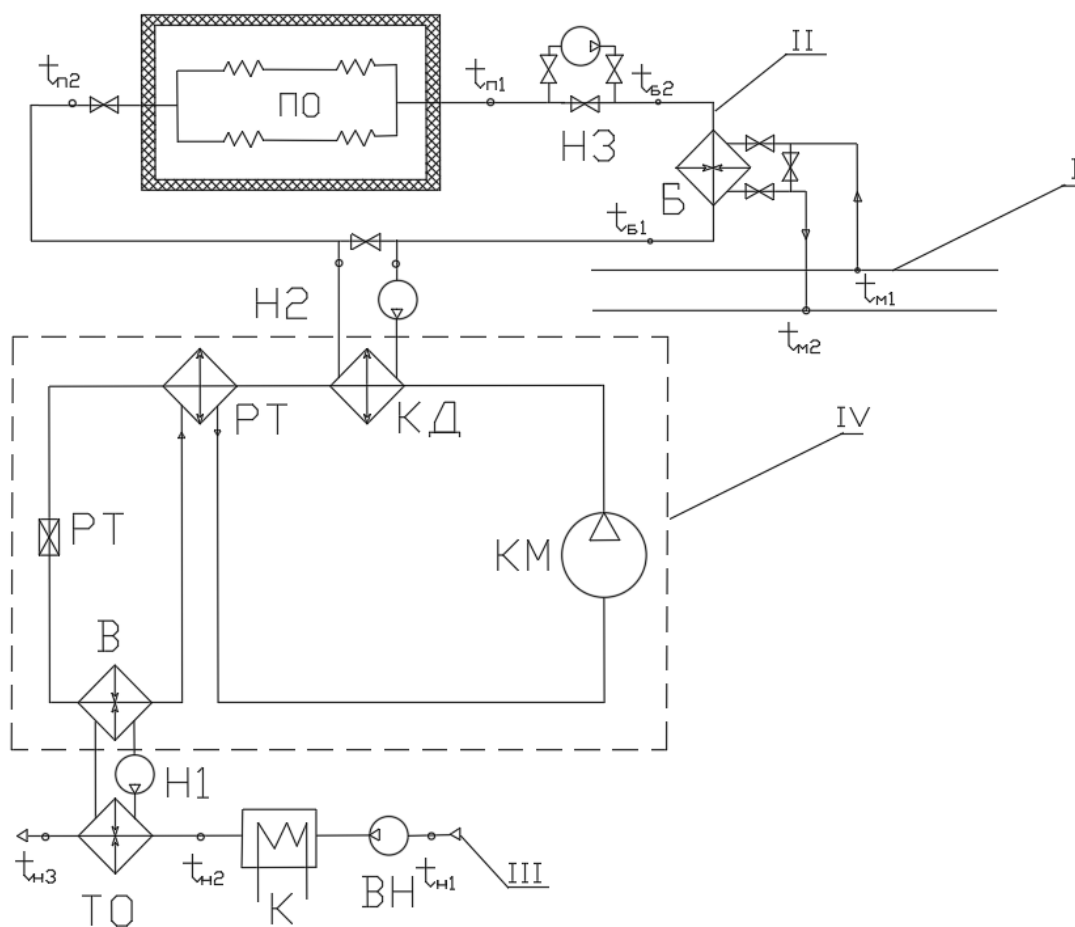


Рисунок 2.7 – Принципова схема системи опалення приміщення з використанням ТНУ:

- | | |
|---|---|
| <i>КМ</i> – компресор ТНУ; | <i>Н2</i> – водяний насос проміжного теплоносія; |
| <i>КД</i> – конденсатор; | <i>Н3</i> – водяний насос лінії системи опалення; |
| <i>РТ</i> – регенеративний теплообмінник; | <i>Б</i> – бак акумулятор; |
| <i>ВВ</i> – регулювальний вентиль; | <i>ПТ</i> – проміжний теплообмінник; |
| <i>В</i> – випарник; | <i>К</i> – калорифер; |
| <i>Н1</i> – вентилятор контуру повітряного забору | <i>ВН</i> – вентилятор. |

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.4. Розрахунок циклу та інтегральних параметрів ТНУ

Розрахунок циклу ТНУ проводимо для схеми одноступеневої фреонової парокомпресійної холодильної машини з регенеративним теплообмінником (рис. 2.8).

Вихідні дані:

Теплопродуктивність	$\dot{Q}_T = 8,8 \text{ кВт}$
Середовище системи опалення	мережева вода
Температура мережевої води	$t_{B1} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура у аудиторії	$t_{II} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Утилізоване середовище	атмосферне повітря
Температура атмосферного повітря	$t_{H1} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура повітря на виході з калорифера	$t_{H2} = (+5... +10) \text{ }^\circ\text{C}$
Відносна вологість атмосферного повітря	60 %

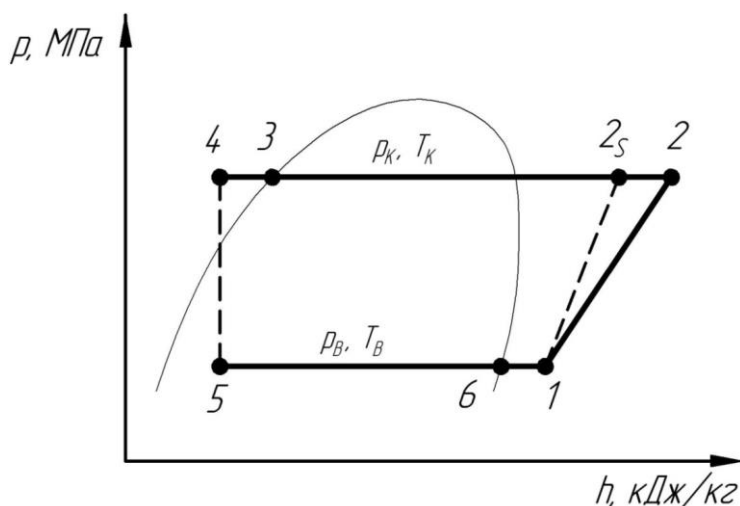


Рисунок 2.8 – Цикл одноступеневої ТНУ в p, h -координатах

Визначення розрахункових температур:

Температура у випарнику визначається за рахунок недорекуперації в теплообміннику на рівні $\Delta t_B = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ

Лист

25

Тобто $t_B = t_{H2} - \Delta t_B = (+5...+10) - 5 \text{ }^\circ\text{C} = (0...5) \text{ }^\circ\text{C}$.

Із випарника виходить суха насичена пара (точка 6 знаходиться на правій примежовій кривій).

Температура конденсації в конденсаторі стала і визначається температурними параметрами мережі системи опалення:

$$t_K = t_{B1} + \Delta t_K = 50 + 5 = 55 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура пари холодоагенту на вході до компресора $t_1 = t_B + 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Стан холодоагента в точці 4 визначають із теплового балансу регенеративного теплообмінника РТ: $h_3 - h_4 = h_1 - h_6$. Звідки визначається ентальпія $h_4 = h_3 + h_6 - h_1$.

Температура холодильного агента на виході із компресора:

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_s}.$$

Розрахунки проводимо за допомогою ph -діаграм для R410a (додаток Б
Результати розрахунків заносимо до таблиць.

Холодильний агент R410a

Таблиця 2.13 – Питомі параметри у характерних точках циклу при $t_K = 55 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_B = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Параметр	Точки						
	1	2s	2	3	4	5	6
p , МПа	0,8	3,4	3,4	3,4	3,4	0,8	0,8
t , $^\circ\text{C}$	10	90	96	55	52	0	0
h , кДж/кг	431	475	483	304	297	297	424

За результатами вищенаведених табличних даних розраховуються питомі параметри ТНУ.

Питоме навантаження на конденсатор:

$$q_{кд} = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_{кд} = 483 - 304 = 179 \text{ кДж/кг}$$

Питоме навантаження на випарник:

$$q_B = h_6 - h_5, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_B = 424 - 297 = 127 \text{ кДж/кг}$$

Питоме навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$q_{PT} = h_1 - h_6, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_{PT} = 431 - 424 = 7 \text{ кДж/кг}$$

Питома адіабатна робота компресора:

$$l_s = h_{2s} - h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$l_s = 475 - 431 = 44 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома дійсна робота компресора:

$$l = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг}.$$

$$l = 483 - 431 = 52 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$\dot{Q}_{кд} = \dot{Q}_T = 8,8 \text{ кВт}.$$

Масова продуктивність холодильного агенту:

$$m_a = \frac{\dot{Q}_{кд}}{q_{кд}}, \text{ кг/с}.$$

$$m_a = \frac{8,8}{179} = 0,05 \text{ кг/с}$$

Теплове навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$Q_{PT} = m_a \cdot q_{PT}, \text{ кВт}.$$

$$Q_{PT} = 0,05 \cdot 7 = 0,35 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на випарник:

$$Q_B = m_a \cdot q_B, \text{ кВт}.$$

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$Q_B = 0,05 \cdot 127 = 6,4 \text{ кВт}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_S = m_a \cdot l_s, \text{ кВт}.$$

$$N_S = 0,05 \cdot 44 = 2,2 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = \frac{N_S}{\eta_e} = \frac{N_S}{\eta_s \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт}.$$

$$N_e = \frac{N_S}{\eta_e} = \frac{2,2}{0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,8} = 3,7 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт перетворення ТНУ:

$$COP = \frac{Q_{\text{кд}}}{N_{\text{пр}}}.$$

$$COP = \frac{8,8}{3,7} = 2,3$$

2.5 Підбір теплонасосної установки

Для забезпечення параметрів підтримки мікроклімату у опалювальному приміщенні підбираємо за каталогами тепловий насос типу «вода-вода». З одного боку у випарнику йде відбір тепла від етиленгликолю, з іншого боку в конденсаторі відбувається передача тепла до мережевої води системи опалення приміщення.

Вихідні дані для підбору насосу:

Теплове навантаження на конденсатор: $\dot{Q}_{\text{кд}} = \dot{Q}_T = 8,8 \text{ кВт}$

Теплове навантаження на випарник: $Q_B = 6,4 \text{ кВт}$

Температура мережевої води $t_{B1} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура атмосферного повітря $t_{H1} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура етиленгликолю $t_{EG} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Вибираємо тепловий насос Buderus WPS 90IK

Технічні характеристики насосу наступні:

1	ТИП І ТОРГОВЕ ПОЗНАЧЕННЯ	WPS 90 I
2	МОДЕЛЬ	Buderus
2.1	Ступінь захисту за EN 60 529	IP 20
2.2	Місце встановлення	всередині
3	ХАРАКТЕРИСТИКИ	
3.1	Робочі межі температур: Пряма / зворотна мережева вода °C Розсіл (джерело тепла) °C Антифриз Мінімальна концентрація розсолу (захист від заморожування при -13 °C)	до 55 от -5 до +25 моноетиле нглі- коль 25%
3.2	Різниця температур мережевої води під час В0 / W35 К	10,5
3.3	Теплова потужність / показник вироблення при В-5 / W55 1) кВт / --- при В0 / W50 1) кВт / --- при В0 / W35 1) кВт / ---	7,7 / 2,3 9,0 / 3,1 9,2 / 4,4
3.4	Рівень звукової потужності дБ(А)	56
3.5	Витрата мережевої води при внутрішньому перепаді тисків м³/год / Па	0,75 / 4500
3.6	Витрата розсолу при внутрішньому перепаді тисків (джерело тепла) м³/год / Па	2,3 / 16000
3.7	Холодоагент; загальна вага завантаження тип/кг	R407C / 1,8
4	ГАБАРИТИ, ПРИЄДНАННЯ ТА ВАГОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
4.1	Габарити апарата без приєднань 4) В × Ш × Д мм	800 ´ 600 ´ 500
4.2	Апаратні приєднання мережевої води дюймові	G 1 1/4" ВНУТР./ЗОВ.
4.3	Апаратні приєднання джерела тепла дюймові	G 1 1/4" ВНУТР./ЗОВ.
4.4	Вага транспортного блоку (блоків), вкл. Упаковку кг	134
5	ЕЛЕКТРИЧНЕ ПРИЄДНАННЯ	
5.1	Номінальна напруга; запобіжник В / А	400 / 16
5.2	Номінальна споживана потужність 1) В0 W35 кВт	2,07
5.3	Пусковий струм при м'якому запуску (SA) А	15
5.4	Номінальний струм В0 W35 / cos φ А / ---	3,77
6	ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКОНАННЯ	
6.1	Вода в апараті захищена від заморожування	нет
6.2	Ступенів потужності	1
6.3	Регулятор внутрішній / зовнішній	внутренний

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Тепловий насос Buderus WPS 90IK є повітряно-водяним тепловим насосом, призначеним для опалення приміщень і постачання гарячої води. Він працює на основі принципу вилучення тепла з навколишнього повітря і передачі його до системи опалення.

Основні особливості теплового насоса Buderus WPS 90IK включають:

1. Висока ефективність: Тепловий насос Buderus WPS 90IK має високий коефіцієнт продуктивності (COP), що означає, що він ефективно використовує енергію для виробництва тепла. Це допомагає знизити енергоспоживання і витрати на опалення.
2. Гнучкість у використанні: Тепловий насос може працювати при різних зовнішніх температурах, що забезпечує його ефективність у будь-якій кліматичній зоні.
3. Інтелектуальне керування: Buderus WPS 90IK оснащений інтелектуальною системою керування, яка дозволяє оптимізувати роботу насоса і забезпечувати оптимальний комфорт і енергоефективність.
4. Компактний дизайн: Насос має компактну конструкцію, що дозволяє його зручно встановити в будь-якому приміщенні.
5. Висока надійність: Buderus є відомою маркою, відомою своєю високою якістю продукції. Тепловий насос Buderus WPS 90IK виготовляється з використанням надійних матеріалів і компонентів, що гарантує довговічність і надійну роботу.

В цілому, тепловий насос Buderus WPS 90IK є ефективним та надійним рішенням для систем опалення та гарячого водопостачання. Він допоможе знизити витрати на енергію і забезпечити комфортний клімат у приміщенні.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

3. РОЗРАХУНОК ПЛАСТИНЧАСТОГО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА

3.1 Загальні положення

Конструкція, принцип дії і призначення пластинчато-ребристого теплообмінника.

В основі конструкції пластинчато-ребристих теплообмінників лежить ідея про застосування двосторонньої оребрення з боку кожного з теплообмінних потоків. Внаслідок цього ПРТ мають прямокутні оребрені канали. ПРТ є паяною шаруватою конструкцією з тонкого листового металу, в якій чергуються канали для охолоджувального і охолоджуючого середовища. У довгих, вузьких каналах переміщається вода, а в перпендикулярно розташованих широких каналах переміщається холодоагент (рис.3.1).

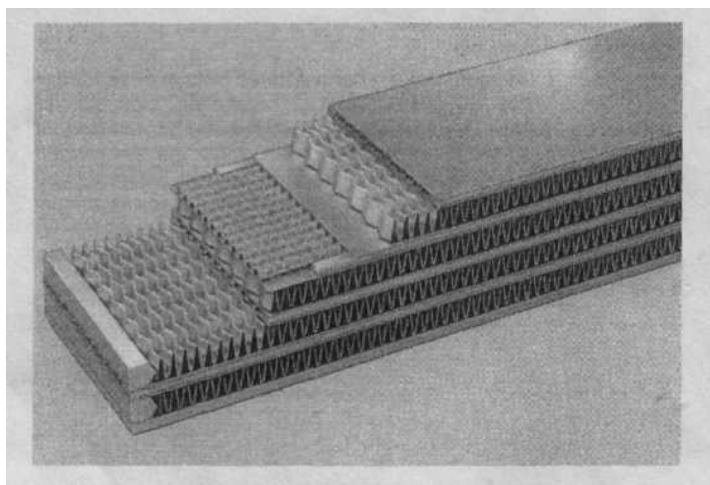


Рисунок 3.1 – Схема ПРТ.

Основні області використання ПРТ:

- криогеніка;
- компресоробудування;
- газороздільна техніка;
- нафтогазопереробна промисловість;
- хімія і нафтохімія;
- авіаційна промисловість;

- космос;
- спеціалізована транспортна техніка;
- енергетика.

Діапазон застосування ПРТ з алюмінієвих сплавів використовуються в діапазоні тисків від вакууму до 10,0 МПа (100 атм.) та в діапазоні температур від мінус 269°С до плюс 200°С. Компактність використовуваних в ПРТ теплообмінних поверхонь 1200 - 4000 m^2 / m^3 . віль. про. У найбільш компактних ПРТ теплообмінна поверхня характеризується компактністю до 7000 m^2 / m^3 . віль. про.

До основних переваг пластинчастих теплообмінних апаратів можна віднести наступне:

- висока теплова ефективність при невеликій різниці температур на кінці апарату (для повного противотока допускається різниця температур до 1°С);
- можливість швидкої зміни поверхні теплообміну шляхом додавання або зменшення кількості пластин в пакеті в межах наявної конструкції апарату;
- компактність і мінімальний простір для сервісного обслуговування;
- простота обслуговування, як шляхом розбирання, так і промиванням розчином для чищення;
- менші капіталовкладення за рахунок меншої матеріаломісткості, меншого простору і відсутності необхідності спеціального фундаменту для установки;
- ідентична геометрія пластин дозволяє стандартизувати і уніфікувати виготовлення апаратів і теплових пунктів;
- високолегована сталь і синтетичний матеріал прокладок не забруднюють продукт.

Конструкція ПРТ відрізняється в першу чергу облаштуванням робочих каналів. Основні різновиди робочих каналів наступні:

1. Робочі канали формують плоскими, так званими проставочними листами і брусками, розташованими на периферії листів. Між брусками і листами розташована гофрована стрічка (насадка), що утворює теплообмінну поверхню. Сполучений за допомогою пайки набір перерахованих деталей утворює серцевину теплообмінника - пластинчато-ребристий елемент (ПРЕ).

2. Робочі канали формують з штапованих листів, що утворюють в з'єднанні між собою або з плоским листом робочий канал без брусків. В цьому випадку бруски встановлюють тільки для утворення каналів для охолоджувального повітря (холодних каналів).

3. Робочі канали формують з штапованих листів, в яких передбачені отвори для утворення вбудованих колекторів. Торці каналів і коло навколо отворів герметизують за допомогою штапованих деталей - скоб, кілець. Колектор утворюється при пайці ПРЕ.

Пластинчасті теплообмінники, завдяки своїй високій тепловій ефективності і компактності, набули широкого поширення в теплопостачанні, особливо в системах централізованого теплопостачання, в системах опалення житлових та промислових будівель і системах гарячого водопостачання (ГВП). Особливо широке впровадження отримали розбірні пластинчасті апарати різної номенклатури.

Для виготовлення ПРТ застосовують алюмінієві сплави, нержавіючі сталі, мідні сплави, титанові сплави. Найбільшого поширення набули ПРТ, що виготовляються з алюмінієвих сплавів (наприклад, АМц, АМг3-АМг6 та ін.), Що мають високі значення коефіцієнтів теплопровідності, низьку щільність і високу питому міцність.

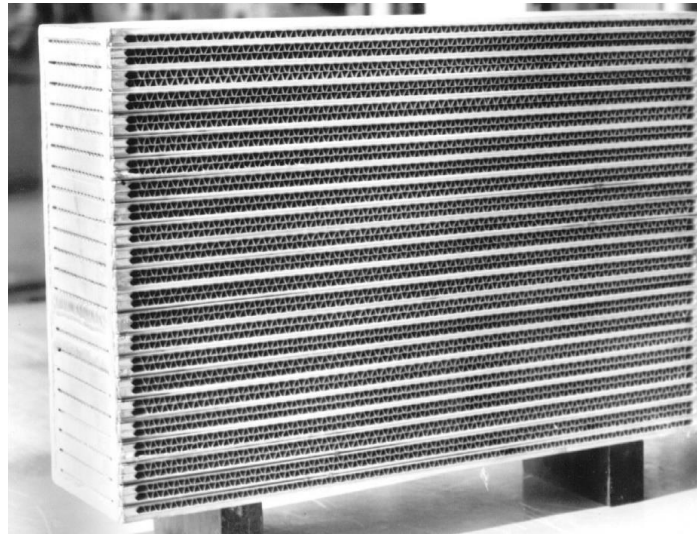


Рисунок 3.2. Алюмінієві паяні ПРЕ з брусками на периферії каналів

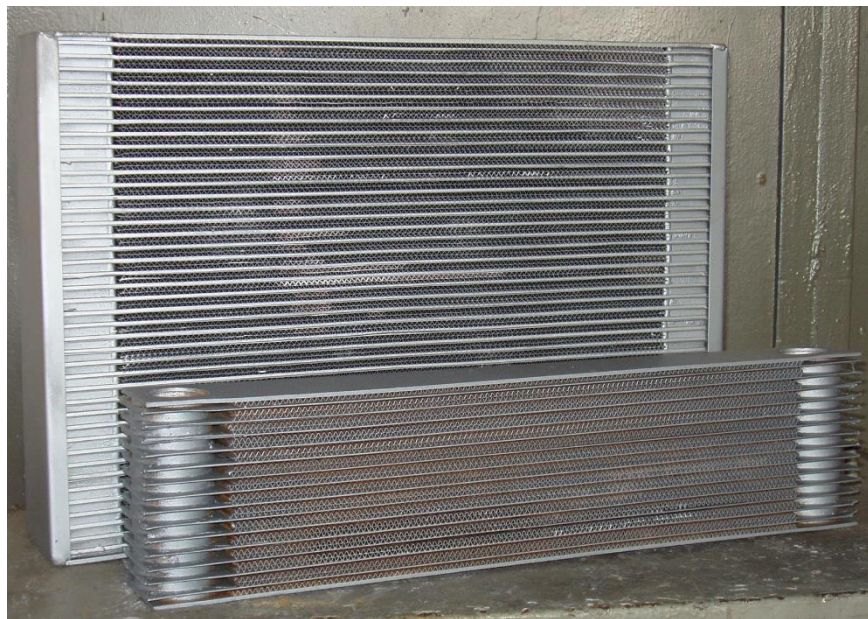


Рисунок 3.3. Стальні ПРТ з штампованих проставочних листків з вбудованими колекторами

Робочі канали формують, згортаючи металеву стрічку для утворення плоскої трубки, в якій розміщується насадка гарячого каналу. Подовжній шов плоскої трубки утворюється нахлесточним паяним з'єднанням. Кінці плоских трубок розміщуються в пазах штампованої колекторної пластини..

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ

Висота каналів T в таких ПРТ знаходиться в межах 2-4 мм, ширина D до 80 мм; довжина каналів $500 = 600$ мм; висота ПРТ W - 300-400 мм.

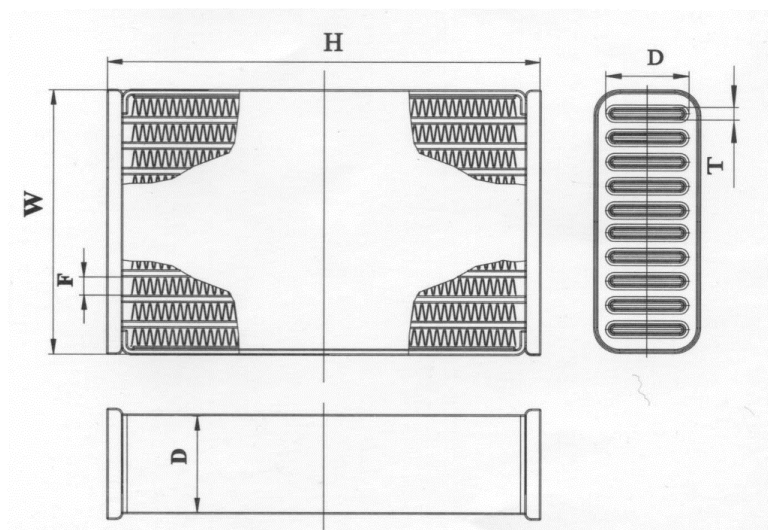


Рисунок 3.4 Схема ПРТ з плоскими трубками

Робочі канали формують з плоских алюмінієвих трубок. Усередині трубки для забезпечення міцності мають подовжні ребра. Такі трубки виготовляють екструзією. Кінці трубок розміщуються в пазах штампованих колекторних пластинів



Рисунок 3.5 Алюмінієвий паяний ребристий ТО з плоскими ребрами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ

Лист

35

Вибір конструкції робочого каналу для охолоджуваного середовища залежить від призначення ПРТ, робочого тиску, теплової потужності і технологічних можливостей виробництва. Для формування робочих каналів застосовують металеві стрічки і листи завтовшки 0,25 - 1 мм, а теплообмінну гофровану насадку виготовляють із стрічки завтовшки 0,15 - 0,3 мм. Розміри ПРЭ знаходяться в межах (50.150) x (200.600) x (400.1200) мм і залежать від теплової потужності ПРТ і розмірів робочої камери вживаної для пайки печі.

У тих випадках, коли при пайці формується тільки серцевина теплообмінника - ПРЭ, до нього за допомогою зварювання з боку каналів для охолоджуваного середовища приєднують колектори (кришки) (рис.2.17). При необхідності ПРЭ за допомогою зварювання можна з'єднати у блоки для збільшення розмірів ПРТ.

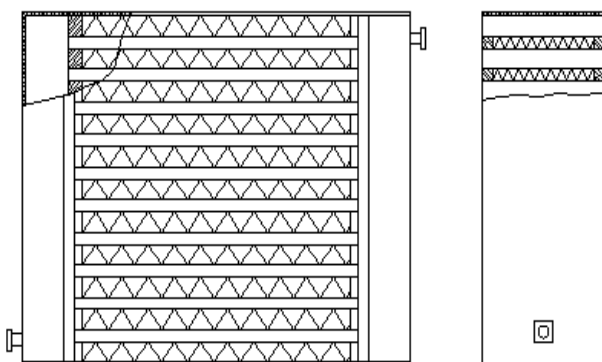


Рисунок 3.6 Схема ПРТ з привареними колекторами

Основним вузлом ПРТ є його серцевина ПРЭ. Багатошаровий пакет, зібраний з тонкостінних деталей, з'єднується у вузол ПРЭ за допомогою високотемпературної пайки. При цьому пайка є єдино можливим способом виготовлення ПРЭ, оскільки майже усі з'єднання ПРЭ є закритими. Управління і візуальний контроль за утворенням з'єднань є недоступним. Ця обставина вимагає високої точності виконання усіх технологічних операцій при складанні і дотримання режимів процесу пайки.

Значущість процесу пайки в створенні ПРЭ можна оцінити наступним прикладом. ПРЭ розміром 150x400x850 мм, що складається з робочих каналів

заввишки 3 мм і прилеглих до нього холодних каналів заввишки 11 мм, з'єднується 12500 паяними швами. Довжина паяних швів складає 2258 м, площа паяних швів складає 33075 см². Якщо врахувати те, що пайка є груповим способом обробки і в камері печі при пайці одночасно знаходяться десятки ПРЕ, то по продуктивності з цим процесом не може порівнятися жоден спосіб зварювання.

Важливою є ще одна перевага пайки. У ПРЕ переважають таврові з'єднання. Відомо, що галтель в таврі не є концентратором напруги при співвідношенні $R > 2s$, де R - радіус галтелі, s - товщина стінки тавра. Оскільки таврові з'єднання в ПРЭ утворені стрічкою завтовшки 0,15-0,3 мм, а радіус галтелі, сформований розплавленим припоєм під дією капілярних сил дорівнює 0,3-0,5 мм, то ПРЕ є надійною конструкцією, що не руйнується при вібрації.

Вибір матеріалу для пластинчато-ребристих теплообмінників.

Основними матеріалами для виготовлення ПРЕ є тонкі листи і стрічки для проставочних листів ПРЕ, стрічки і сітки для плющення або штампування насадки.

Проставочні листи виготовляються з низьковуглецевих сталей 08кп, Сталі 20, Ст 3, високолегованих сталей 10X18H9, 20X13, спеціального алюмінієвого прокату АМцПС.

Насадка виготовляється із сталевих стрічок 08кп, 10X18H9, 12X18H10, з фольги алюмінієвих сплавів АД1, АМцПС і плетених сіток з дроту Сталь 20 і 10X18H9.

Деталі ПРЕ з'єднуються високотемпературною пайкою. Для її здійснення між деталями сталевих ПРЕ прокладають фольгу з міді або мідно-нікелевого сплаву МН19 завтовшки 20-30 мкм. Для пайки алюмінієвих ПРЭ застосовують спеціальний прокат - лист або стрічку із сплаву АМц, плакированые при плющенні тонким шаром припою з силуміну. Товщина шару складає не більше 0,1 товщини основи (рис.2.18).

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Нагріваючи до температури пайки 1100 - 1200⁰С сталевих ПРЕ і 620⁰С алюмінієвих ПРЭ значно знижує механічні властивості матеріалів деталей теплообмінників. Відомості про властивості матеріалів і їх зміни приведені в таблицю.3.13.

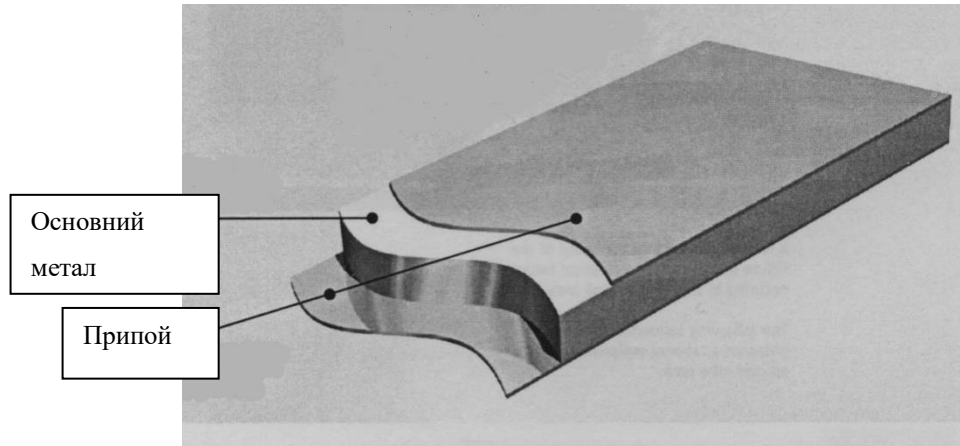


Рисунок 3.7 Схема плакированого алюмінієвого листа АМЦПС.

Гофровану насадку виготовляють із стрічки завтовшки 0,15 - 0,3 мм із сталей 10X18Н9 і 08кп. Застосовують м'яку стрічку, що відпалює, форму гофр, що легко деформується і зберігаючу, після плющення або штампування.

Враховуючи те, що насадка в робочому каналі визначає міцність і довговічність ПРЕ, її виготовляють з нержавіючої сталі 10X18Н9. Застосування насадки з вуглецевої сталі 08кп в робочих каналах обмежене, оскільки корозійне руйнування за наявності вологи на будь-якій стадії виробництва і експлуатації (гідровипробування, тимчасове перебування без олії, ремонт) призводить до втрати міцності ПРЕ.

Проводимо розрахунок теплообмінника (ТО), зображеного на рисунку 2.7.

Вихідні дані:

Теплове навантаження на випарник	$Q_B = 6,4 \text{ кВт}$
Теплоносій, що охолоджується	етиленгліколь
Температура етиленгліколю на виході	$5 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура етиленгліколю на вході	$0 \text{ }^\circ\text{C}$
Охолоджуючий теплоносій	повітря
Масова продуктивність x/a	$m_a = 0,05 \text{ кг/с}$

Тепловий розрахунок

Сторона етиленгліколю

Параметри етиленгліколю беруться за його середньою температурою,

$$t_{EG\text{сер}} = \frac{5 + 0}{2} = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}:$$

- коефіцієнт теплопровідності $l_{EG} = 0,243 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- коефіцієнт динамічної в'язкості $m_{EG} = 0,069 \text{ Па}\cdot\text{с}$;
- критерій Прандтля $Pr_{EG} = 564$;
- густина $r_{EG} = 1128 \text{ кг/м}^3$;
- теплоємність $c_{EG} = 2,305 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

Попередня величина площі поверхні теплообмінної поверхні апарата, м^2 , дорівнює

$$F = \frac{Q_B}{k' \cdot \theta};$$

$$F = \frac{6,4 \cdot 10^3}{300 \cdot 7,2} = 2,96 \text{ м}^2,$$

де $k' = 100 \dots 300 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопередачі;

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

θ – середньологарифмічна різниця температур, °С, яка дорівнює

$$\theta = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}};$$

Отже

$$\theta = \frac{10 - 5}{\ln \frac{10}{5}} = 7,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Теплове навантаження на теплообмінник

$$Q_{TO} = Q_B,$$

Q_{TO} – теплове навантаження на апарат по гарячому потоку (етиленгліколь), $Q_{EG} = Q_B = c_{EG} \cdot G_{EG} \cdot \Delta t_{EG}$

Витрата повітря через апарат

$$G_{EG} = \frac{Q_B}{c_{EG} \cdot \Delta t_{EG}},$$

де Δt_{EG} – різниця температур етиленгліколю

$$G_{EG} = \frac{6,4}{2,305 \cdot (5 - 0)} = 0,56 \text{ кг/с}.$$

Площа вільного перерізу апарата, m^2 , така:

$$F_{BEG} = F_{BR} = \frac{G_{EG}}{\rho_{EG} \cdot \varpi_{EG}},$$

де $\varpi_{EG} = 1,5 \dots 3$ м/с – швидкість етиленгліколю в апараті (береться)

$$F_{BEG} = F_{BR} = \frac{0,56}{1128 \cdot 3} = 1,7 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Критерій Рейнольда

$$Re_{EG} = \frac{\varpi_{EG} \cdot 2l_p \cdot \rho_{EG}}{\mu_{EG}},$$

де l_p – характерний розмір каналу насадки, м

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$Re_{EG} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 0,0305 \cdot 1128}{0,069} = 2992.$$

Критерій Нусельта для $Re_{EG} < 3000$ дорівнює:

$$Nu_{EG} = 1,4 \cdot Re_{EG}^{0,4} \cdot Pr_{EG}^{0,33};$$

$$Nu_{EG} = 1,4 \cdot 2992^{0,4} \cdot 564^{0,33} = 278.$$

Коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/(м^2 \cdot К)$, дорівнює

$$\alpha_{EG} = \frac{Nu_{EG} \cdot \lambda_{EG}}{2 \cdot l_p};$$

$$\alpha_{EG} = \frac{278 \cdot 0,243}{2 \cdot 0,0305} = 1107 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Вибір теплообмінника

Вибираємо пластинчасто-ребристий перехресно-точний теплообмінник з типом насадки ГЛР-3:

Геометричні характеристики поверхні:

– довжина ребра	$l_p = 30,5$ мм;
– висота	$h = 19,05$ мм
– крок ребер	$t = 5,59$ мм;
– товщина ребра	$\delta_p = 0,813$ мм;
– еквівалентний діаметр	$d_{екв} = 8,5$ мм;
– площа поверхні ребер в одиниці вільного об'єму	$S_{в.р.} = 391,5$ м ² /м ³
– площа поверхні проставочних пластин в одиниці вільного об'єму	$S_{в.п.} = 342$ м ² /м ³
– компактність за вільним об'ємом	$S_{\sigma} = 504,5$ м ² /м ³
– коефіцієнт оребрення	$S_{в.р.}/S_{в.п.} = 0,776$
– коефіцієнт стиснення	$\gamma = 0,09$
– товщина пластини	$\delta_n = 0,2$ мм
– ширина пластини	$B = 500$ мм
– матеріал пластини	алюміній

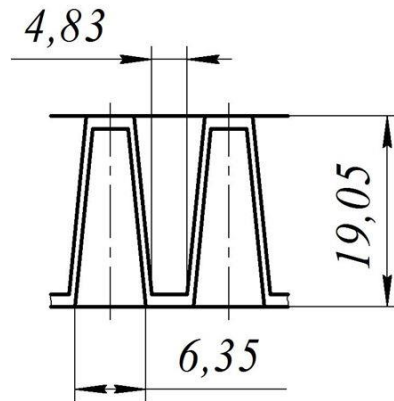


Рисунок 3.8 – Пластинчато-ребриста поверхня ГЛР-3

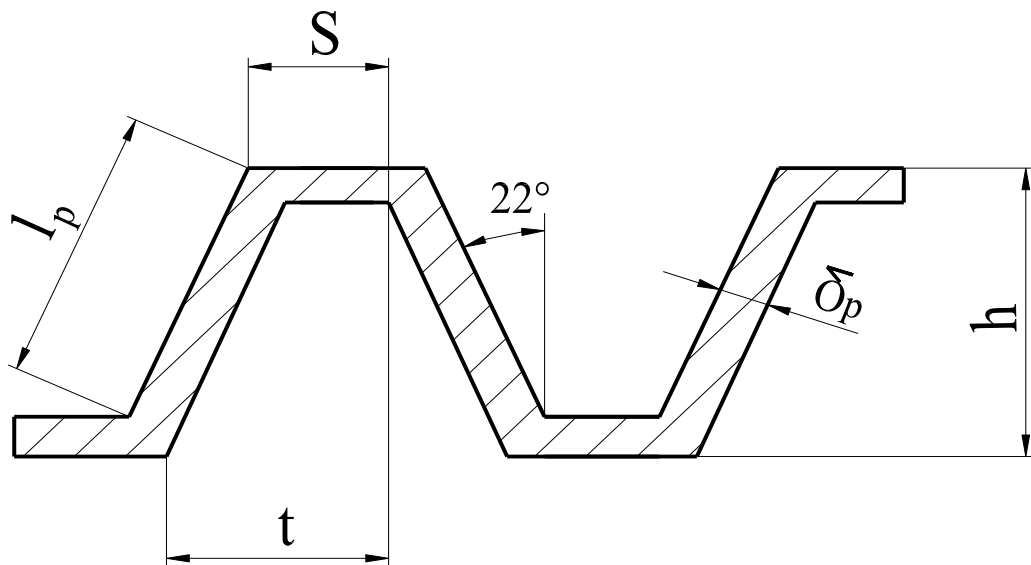


Рисунок 3.9 – Характерні геометричні характеристики поверхні пластинчато-ребристого теплообмінника

Сторона повітря

Визначаються теплофізичні властивості за його середньою температурою $t_{\text{Псер}} = - 5^{\circ}\text{C}$ із :

–Питома теплоємність – $c_2 = 1,005 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

Густина – $\rho_2 = 1,293 \text{ кг / м}^3$;

Кінематична в'язкість – $\nu_2 = 13,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ

Лист

42

Коефіцієнт температуропровідності – $a_2 = 1,4595 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$;

Коефіцієнт теплопровідності – $\lambda_2 = 2,44 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$;

Число Рейнольдса:

$$\text{Re}_x = \frac{w_x \cdot d_{\text{эx}}}{\nu_x};$$

$$\text{Re}_x = \frac{10 \cdot 2,44 \cdot 10^{-3}}{9,055 \cdot 10^{-7}} = 13450.$$

Число Нусельта:

$$\text{Nu}_x = 0,03 \text{Re}_x^{0,813} \cdot \left(\frac{d_{\text{эx}}}{L_{\text{кx}}} \right)^{0,2};$$

$$\text{Nu}_x = 0,03 \cdot 13450^{0,813} \cdot \left(\frac{2,44 \cdot 10^{-3}}{0,15} \right)^{0,2} = 8,098.$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_x = \frac{\text{Nu}_x \lambda_x}{d_{\text{эx}}};$$

$$\alpha_x = \frac{8,098 \cdot 0,5995}{2,44 \cdot 10^{-3}} = 1989 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт для визначення ефективності ребер:

$$m_u = 0,5 l'_{p.x} \sqrt{\frac{2\alpha_x}{\delta_p \cdot \lambda_p}},$$

де, $l'_{p.x}$ - довжина ребра з урахуванням того, що по потоку води дві насадки

$$l'_{p.\omega} = 2l_{p.x} + (z-1) \frac{\delta_p \tau}{\delta_l};$$

$$l'_{p.x} = 2 \cdot 4,85 \cdot 10^{-3} + (2-1) \frac{0,00015 \cdot 0,002}{0,001} = 0,01 \text{ м};$$

$$m_u = 0,5 \cdot 0,01 \sqrt{\frac{2 \cdot 1989}{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 180}} = 1,919.$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						43

$$\mu_{p.x} = \frac{e^{m_u} - e^{-m_u}}{e^{m_u} + e^{-m_u}} / m_u$$

$$\mu_{p.x} = \frac{e^{1,919} - e^{-1,919}}{e^{1,919} + e^{-1,919}} / 1,919 = 0,5.$$

Коефіцієнт ефективності всієї поверхні:

$$\mu_{o.x} = 1 - \frac{F_{p.x}}{F_x} (1 - \mu_{p.x}),$$

$$\mu_{o.x} = 1 - \frac{22,6}{27,3} (1 - 0,5) = 0,586.$$

Геометричні характеристики пластинчасто-ребристого
теплообмінного апарата

Уточнена величина потрібної площі поверхні теплообміну, m^2 , дорівнює

$$F_T = \frac{Q_B}{k \cdot \theta};$$

$$F_T = \frac{6,4 \cdot 10^3}{228 \cdot 7,2} = 3,89 m^2.$$

Вільний об'єм каналів потоку етиленгліколю, m^3 , такий

$$V_{e.ЕГ} = \frac{F_T}{S_e};$$

$$V_{e.ЕГ} = \frac{3,89}{504,5} = 0,0077106 m^3.$$

Площа поперечного перерізу апарата, m^2 (без урахування товщини проставкових пластин)

$$F = \frac{2F_T}{1 - \gamma},$$

де $\gamma = 0,08 \dots 0,1$ – для насадок із гладкими ребрами

$$F = \frac{2 \cdot 3,89}{1 - 0,09} = 19,1 m^2.$$

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Довжина теплообмінного апарата

$$L = \frac{V_{\epsilon.EГ}}{S_{np}} = \frac{0,0077106}{4,3 \cdot 10^{-3}} = 1,79 \text{ м,}$$

де S_{np} – площа поперечного перерізу каналів, м^2 , дорівнює

$$S_{np} = \frac{G_{EГ}}{\epsilon_{\epsilon} \cdot \varpi_{EГ} \cdot \rho_{EГ}} = \frac{1,145}{0,785 \cdot 3 \cdot 1128} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot 10 .$$

Частка вільного перерізу каналів апарата дорівнює

$$\epsilon_{\epsilon} = \frac{(h - \delta_p) \cdot (t - \delta_p)}{t \cdot (h + \delta_p)} ;$$

$$\epsilon_{\epsilon} = \frac{(19,05 - 0,813) \cdot (5,59 - 0,813)}{5,59 \cdot (19,05 + 0,813)} = 0,785 .$$

Число каналів дорівнює (округляється до більшого значення)

$$n = \frac{V_{\epsilon.EГ}}{L \cdot B(l_p + \delta_p)} ;$$

$$n = \frac{0,0077106}{0,33 \cdot 0,5 \cdot (1 + 0,813) \cdot 10^{-3}} = 25,78$$

Приймаємо число каналів $n = 26$ шт.

Гідравлічний розрахунок

Фактор тертя під час руху повітря через апарат дорівнює

$$f = \frac{0,08}{\text{Re}_R^{0,25}} ;$$

$$f = \frac{0,08}{7528^{0,25}} = 8,5 \cdot 10^{-3} .$$

Гідродинамічний опір поверхні теплообміну

$$\Delta p = \Delta p_{\text{вх}} + \Delta p_{\text{вих}} + \Delta p_{T1} + \Delta p_{T2} + \Delta p_{\text{к.вх.}} + \Delta p_{\text{к.вих.}} ,$$

де $\Delta p_{\text{вх}}$ і $\Delta p_{\text{вих}}$ – місцеві втрати на вході і виході з розподільника;

Δp_{T1} і Δp_{T2} – втрати тиску на тертя в каналах розподільника і, власне, пакета з робочою поверхнею;

$\Delta p_{\text{к.вх}}$ і $\Delta p_{\text{к.вих}}$ – місцеві втрати на вході і виході з колектору;

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Місцеві втрати на вході і виході з розподільника

$$\Delta p_{вх} = (1 - \gamma + k_c) \cdot \frac{\rho_{ЕГ} \cdot \varpi_{ЕГ}^2}{2};$$

$$\Delta p_{вих} = -(1 - \gamma + k_e) \cdot \frac{\rho_{ЕГ} \cdot \varpi_{ЕГ}^2}{2},$$

де k_c і k_e – коефіцієнти, що враховують необоротну складову втрати тиску, пов'язану з раптовим звуженням і розширенням потоку, $k_c = 0,60$, $k_e = 0,56$

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

4. Охорона праці

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

У даному розділі проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників під час встановлення гідравлічної системи опалення. До небезпечних факторів можна віднести:

1. Фізичні фактори:

- Шум: Внаслідок роботи обладнання, такого як насоси та компресори, може виникати шум, який може бути шкідливим для слуху працівників. Заходами для зменшення шуму можуть бути використання звукоізоляційних матеріалів, захисних навушників та раціональне розташування обладнання.
- Вібрація: Робота деякого обладнання може створювати вібрацію, яка може призвести до механічних пошкоджень або негативно вплинути на здоров'я працівників. Для зменшення вібрації можуть використовуватися спеціальні амортизатори, а також раціональне проектування та розташування обладнання.
- Температурні умови: Під час роботи на об'єкті встановлення системи опалення можуть відчуватися різні температурні умови, включаючи високу або низьку температуру. Працівники повинні бути забезпечені необхідним оснащенням, таким як захисний одяг або спеціальні засоби обігріву або охолодження, для забезпечення комфортних умов праці.

2. Хімічні фактори:

- Речовини, що випаровуються: При роботі з розчинниками, фарбами та іншими хімічними

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		47

- речовинами може виникати небезпека вдихання випарів, які можуть бути шкідливими для здоров'я працівників. Заходами для захисту можуть бути використання вентиляційних систем, засобів індивідуального захисту дихальних шляхів та дотримання правил безпечної роботи з хімічними речовинами.
- Пил та аерозолі: Працівники можуть зазнавати впливу пилу та аерозолей, що утворюються під час обробки матеріалів або роботи з обладнанням. Для зменшення впливу таких факторів можуть використовуватися системи витяжної вентиляції, захисні маски та інші засоби індивідуального захисту.

3. Біологічні фактори:

- Мікроорганізми: При роботі на об'єкті встановлення гідравлічної системи опалення, працівники можуть бути під впливом різноманітних мікроорганізмів, таких як бактерії, грибки або віруси. Ці мікроорганізми можуть знаходитися в забруднених поверхнях, водах, вентиляційних системах тощо. Контакт з ними може спричинити ризик захворювання та інфекційних ускладнень. Для запобігання зараження необхідно дотримуватись правил особистої гігієни, використовувати засоби індивідуального захисту (наприклад, рукавички, маски), регулярно проводити дезінфекцію робочих поверхонь та здійснювати ефективне очищення та вентиляцію приміщень.

- Алергени: У деяких випадках матеріали, використовувані в гідравлічних системах опалення, можуть містити алергенні речовини, такі як пил, рослинні екстракти або хімічні сполуки. Контакт з цими речовинами може призводити до алергічних реакцій, які можуть бути небезпечними для здоров'я працівників. Для запобігання алергічним реакціям рекомендується використовувати відповідний захисний одяг

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		48

та засоби індивідуального захисту, а також дотримуватись правил гігієни та проводити регулярне очищення робочих зон.

- Токсичні речовини: Деякі компоненти гідравлічних систем опалення можуть містити токсичні речовини, які можуть бути шкідливими для здоров'я працівників при контакті з ними. Це можуть бути хімічні розчинники, мастила або інші речовини, які мають потенційно небезпечні властивості. При роботі з такими речовинами необхідно дотримуватись правил безпеки, використовувати захисний одяг та засоби індивідуального захисту, а також забезпечувати належну вентиляцію приміщень, щоб зменшити ризик отруєння.

Вимоги безпеки до основних елементів конструкції

- Трубопроводи повинні бути виготовлені з міцних та надійних матеріалів, що відповідають вимогам до міцності та стійкості до тиску та температури. Вони повинні бути правильно змонтовані та захищені від механічних пошкоджень.

- Радіатори опалення повинні відповідати вимогам безпеки та бути правильно розташовані в приміщенні. Зокрема, слід забезпечити вільний доступ до радіаторів для обслуговування та очищення. Також слід уникати контакту з гарячими поверхнями, що може призвести до опіків.

- Насоси та регулятори, що використовуються в системі, повинні відповідати вимогам безпеки та надійності. Електричне підключення насосів та регуляторів повинно відповідати правилам електробезпеки.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- Баки та розширювальні установки повинні відповідати вимогам безпеки та надійності. Їх підключення повинно бути здійснене з дотриманням правил безпеки та гідравлічних параметрів.

Виробничий шум і вібрація

Вибір тихих компонентів: При проектуванні гідравлічної системи опалення рекомендується використовувати компоненти, які характеризуються низьким рівнем шуму та вібрації. Наприклад, вибір тихих насосів, клапанів і механізмів може допомогти зменшити виробничий шум.

Використання амортизуючих матеріалів: Для зниження передачі вібрації важливо використовувати амортизуючі матеріали, які можуть забезпечити поглинання і розсіювання вібрації. Наприклад, використання спеціальних гумових або полімерних прокладок, амортизуючих підставок або ізоляційних матеріалів може допомогти знизити передачу вібрації до конструкції та сприяти зменшенню рівня шуму.

Регулярне технічне обслуговування: Важливо регулярно перевіряти стан компонентів системи і проводити їх технічне обслуговування. Це допоможе виявити можливі джерела виробничого шуму і вібрації, а також вчасно вжити заходів для їх усунення.

Використання звукоізоляційних матеріалів: Застосування спеціальних звукоізоляційних матеріалів у конструкції може допомогти знизити передачу звукових хвиль і шуму з гідравлічної системи. Наприклад, використання ізоляційних панелей, акустичних плит або спеціальних покриттів може забезпечити покращену звукоізоляцію.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Організація правильної установки: Дотримання правильної установки компонентів системи, таких як насоси, механізми або трубопроводи, може допомогти уникнути виникнення небажаної вібрації та шуму. Важливо дотримуватися рекомендацій виробників та нормативних вимог щодо установки компонентів.

Навчання та інформування персоналу: Освіта і навчання персоналу щодо правильного використання, обслуговування та безпечної експлуатації гідравлічної системи можуть відігравати важливу роль у забезпеченні безпеки від виробничого шуму і вібрації. Персонал повинен бути ознайомлений з правилами безпеки, процедурами використання засобів захисту та методами контролю рівнів шуму і вібрації.

Врахування цих вимог та вжиття відповідних заходів зменшення виробничого шуму і вібрації можуть сприяти створенню безпечного та комфортного робочого середовища, знижуючи ризик впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників.

Вимоги безпеки до улаштування засобів захисту

1. Протипожежний захист:

- Встановлення пожежного сповіщувача: У гідравлічній системі опалення необхідно встановити пожежний сповіщувач, який здатен виявити виникнення пожежі та автоматично сповістити про це оператора системи або пожежну службу.

- Встановлення пожежного вогнегасника: На відповідних місцях в системі опалення необхідно розмістити пожежні вогнегасники. Вони повинні

бути легкодоступними та відповідати вимогам щодо типу та потужності, щоб ефективно гасити пожежу у разі потреби.

- Регулярна перевірка та обслуговування: Засоби протипожежного захисту, такі як пожежні сповіщувачі та вогнегасники, повинні періодично перевірятися та обслуговуватися згідно з вимогами нормативних документів.

2. Засоби захисту від перевищення тиску:

- Встановлення предохранних клапанів: У гідравлічній системі опалення необхідно встановити предохранні клапани, які запобігають перевищенню робочого тиску у системі. Вони дозволяють вивільняти надлишковий тиск, забезпечуючи безпеку та захист елементів конструкції.
- Регулярна перевірка та обслуговування: Предохранні клапани повинні періодично перевірятися на працездатність та регулюватися відповідно до встановлених параметрів. Регулярне обслуговування гарантує їх ефективну роботу та забезпечує безпеку системи.

3. Засоби захисту від перегріву:

- Встановлення термостатів: У гідравлічній системі опалення необхідно встановити термостати, які контролюють температуру в системі і відключають подачу тепла, якщо вона перевищує задані межі. Це допомагає уникнути перегріву системи та запобігає можливим аварійним ситуаціям.
- Встановлення розширювальних баків: Розширювальні баки використовуються для компенсації змін об'єму теплоносія у системі при

зміні температури. Вони дозволяють уникнути перевищення тиску та перегріву системи, забезпечуючи безпеку та надійну роботу.

- Регулярна перевірка та обслуговування: Засоби захисту від перегріву, такі як термостати та розширювальні баки, повинні періодично перевірятися на працездатність та обслуговуватися згідно з вимогами виробника та нормативних документів.

Електробезпека

Основні аспекти, які потрібно враховувати щодо електробезпеки в гідравлічній системі опалення, включають:

1. Використання сертифікованих компонентів: При проектуванні і виборі електричних компонентів, таких як кабелі, роз'єми, вимикачі та інші, слід використовувати тільки сертифіковані продукти, які відповідають стандартам безпеки. Це забезпечить надійну та безпечну роботу системи.
2. Правильне заземлення: Заземлення є важливим аспектом електробезпеки. Всі металеві частини системи, такі як корпуси насосів, клапани, радіатори тощо, повинні бути правильно заземлені. Це допоможе уникнути електричного удару і забезпечить безпеку для користувачів.
3. Застосування захисних пристроїв: Для забезпечення електробезпеки в гідравлічній системі опалення слід використовувати різні захисні пристрої, такі як автоматичні вимикачі, пристрої захисту від перенапруги, диференціальні автомати тощо. Ці пристрої відслідковують можливі перевантаження, коротке замикання та інші небезпечні ситуації, і вимикають

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

електричне живлення, щоб запобігти ушкодженню системи та небезпеці для користувачів.

4. Правильне розташування електрообладнання: При встановленні електрообладнання слід дотримуватись правил щодо його розташування. Електричне обладнання повинно бути розташоване в безпечному відстані від вологих місць, джерел тепла та інших небезпечних факторів. Дотримання цих правил допоможе уникнути можливих небезпек, таких як коротке замикання або загоряння.

5. Належне обладнання інструкціями з безпеки: Всі користувачі гідравлічної системи опалення повинні мати доступ до належних інструкцій з безпеки. Інструкції повинні включати інформацію про правильне використання системи, процедури в разі аварійних ситуацій, а також інші важливі аспекти електробезпеки.

Врахування цих аспектів електробезпеки допоможе забезпечити безпечну та надійну роботу гідравлічної системи опалення, зменшити ризик електричних небезпек та забезпечити захист для користувачів.

					Х.дн 06Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплонасосна технологія енергозбереження : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв. – Суми : СумДУ, 2011. – 283 с.
2. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : СумДУ, 2018. – 364 с.
4. Heat pump planning handbook / Jürgen Bonin. British Library Cataloguing-in-Publication Data, 2015. – 337 p.
5. Методичні вказівки з курсового і дипломного проектування «Розрахунок теплообмінників пластинчасто-ребристого типу з повітряним охолодженням» курсу «Холодильні установки»/ укладачі: С. О. Шарапов, Ю. М. Вертепов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 24 с.
6. Энергоэффективные технологии в отоплении и вентиляции. Каталог – Mitsubishi Electric, 2015.
7. Кліматичні системи 2019. Каталог – Mitsubishi Electric, 2019.
8. Тепловые насосы. Каталог. – Mitsubishi Electric, 2016.
9. Денисенко А. Ф. Охорона праці: конспект лекцій для студ. екон. спец. заочної форми навчання. Ч.1 / А.Ф. Денисенко.– Суми : СумДУ, 2007.– 128 с.
10. Buderus. Проектная документация. Справочник по проектированию и монтажу тепловых насосов.–Buderus Deutschland. BBT Thermotechnik GmbH, 2005, 142 с.