

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему: Проект комбінованої системи охолодження, опалення та
гарячого водопостачання на базі повітряного теплового насосу для
приватного житлового будинку площею 200 м², м. Миколаїв

Здобувача

Куніцький В.Р.

2 курсу

ЕН-141 групи

Керівник

к.т.н, доц. Яковлева О.Ю.

Консультанти:

д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від

31.05.2024 р.

протокол №

12

Завідувач кафедри ХУКП

Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«05» березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Куницький Віктор Русланович

1. Тема роботи Проект комбінованої системи охолодження, опалення та гарячого водопостачання на базі повітряного теплового насосу для приватного житлового будинку площею 200 м², м. Миколаїв

Затверджена наказом ОНТУ від 31.08.2023 р. наказ № 487-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи

Приватний одноповерховий будинок, площа 200 м², місце розташування:

м. Миколаїв. Комбінованої системи охолодження, опалення та гарячого

водопостачання на базі повітряного теплового насосу. Холодоагент – R454B.

Передбачена також установка ґрунтового колектора та додаткового контуру системи опалення теплої підлоги.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Реферат, Вступ, 1. Огляд теплових насосів, 2. Будівельно-ізоляційна конструкція

будинку, 3. Визначення теплових втрат, 4. Розрахунок теплоприпливів приміщень,

5. Розрахунок та підбір систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання,

6. Тепловий розрахунок холодильної системи, 7. Розрахунок пластинчастого

конденсатора, 8. Підбір компресора та теплообмінних апаратів, 9. Розрахунок

ґрунтового колектора. 10. Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища.

Список використаних джерел інформації.

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

Презентація в PowerPoint.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	17.05.2024	22.05.2024

7. Дата видачі завдання 05.03.2024 р.

Керівник Яковлева О.Ю.

Завдання прийняв до виконання Куніцький В.Р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	30.05-31.05.2024	виконано
2	Вступ	17.03-20.03.2024	виконано
3	Огляд теплових насосів	20.04-25.04.2024	виконано
4	Будівельно-ізоляційна конструкція будинку.	26.04-30.04.2024	виконано
5	Визначення теплових втрат	01.05-04.05.2024	виконано
6	Розрахунок теплоприпливів приміщень	05.05-10.05.2024	виконано
7	Розрахунок та підбір систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання	12.05-15.05.2024	виконано
8	Тепловий розрахунок холодильної системи	16.05-17.05.2024	виконано
9	Розрахунок пластинчастого конденсатора	20.05-23.05.2024	виконано
10	Підбір компресора та теплообмінних апаратів	20.05-21.05.2024	виконано
11	Розрахунок ґрунтового колектора	22.05-23.05.2024	
12	Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища	17.05-22.05.2024	виконано
13	Список використаних джерел інформації	23.05-24.05.2024	виконано
14	Презентація в PowerPoint	23.05-30.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник Куніцький В.Р.

Керівник роботи Яковлева О.Ю.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Куніцький Віктор Русланович

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 103 сторінок тексту, 18 рисунків, 11 таблиць, 14 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки науково-обґрунтованого технологічного рішення по проектуванню комбінованої системи охолодження, опалення та гарячого водопостачання для приватного житлового будинку площею 200 м².

Приватний житловий будинок, розташований у м. Миколаїв, Будівля складається з одного поверху. В якості об'єкта дослідження було використано повітряний тепловий насос. Холодоагент – R454B. Комбінована система охолодження, опалення та гарячого водопостачання передбачає як вбудовані прилади опалення (тепла підлога) так і фанкойли в житлових приміщеннях розраховані на опалення та охолодження, та бак непрямого нагріву з електронічним нагрівачем для забезпечення гарячого водопостачання. Передбачена також установка ґрунтового колектора та додаткового контуру системи опалення теплої підлоги.

Ключові слова: приватний будинок – тепловий насос – охолодження – опалення – гаряче водопостачання – ґрунтовий колектор

Annotation

The qualification work consists of: 103 pages of text, 18 figures, 11 tables, 14 references to literary sources. The qualification work solves the problem of developing a scientifically based technological solution for the design of a combined cooling, heating and hot water supply system for a private residential building with an area of 200 m².

The private residential building is located in Mykolaiv, Ukraine. The building consists of one floor. An air source heat pump was used as the object of study. The refrigerant used is R454B. The combined cooling, heating and hot water system includes both built-in heating devices (underfloor heating) and fan coil units in the residential premises designed for heating and cooling, and an indirect heating tank with an electric heater for hot water supply. The installation of a ground collector and an additional circuit of the underfloor heating system is also envisaged.

Keywords: private house - heat pump - cooling - heating - hot water supply - ground collector

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Реферат	4
ВСТУП	6
1. <u>Огляд теплових насосів</u>	8
1.1. «Тепла підлога» і фенкойли	8
1.2. Популярні системи холодопередачі	11
1.3. Класифікація та недоліки теплових насосів	14
1.4. Альтернативне опалення будинку за допомогою теплового насоса.	16
2. <u>Будівельно-ізоляційна конструкція будинку</u>	21
2.1. <u>Конструктивне рішення</u>	24
2.2. <u>Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій</u>	27
3. <u>Визначення теплових втрат</u>	31
3.1. <u>Розрахунок теплових втрат скрізь огорожі</u>	32
3.2. <u>Визначення теплових втрат через інфільтрацію</u>	34
3.3. <u>Загальні теплові втрати</u>	35
4. <u>Розрахунок теплоприпливів приміщень</u>	38
4.1. <u>Зовнішні теплоприпливи</u>	41
4.2. <u>Теплоприпливи від внутрішніх джерел</u>	43
4.3. <u>Загальні теплоприпливи</u>	43
5. <u>Розрахунок та підбір систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання</u>	44
5.1. <u>Розрахунок теплої підлоги</u>	47
5.1.1. <u>Тепловий розрахунок водяної теплої підлоги</u>	52
5.2. <u>Розрахунок та підбір фанкойлів</u>	58
5.3. <u>Розрахунок та підбір бойлера непрямого нагріву</u>	67
6. <u>Тепловий розрахунок холодильної системи</u>	69
7. <u>Розрахунок пластинчастого конденсатора</u>	74
8. <u>Підбір компресора та теплообмінних апаратів</u>	87
9. <u>Розрахунок ґрунтового колектора</u>	90
9.1. <u>Обґрунтування вибору холодоносія</u>	92
9.2. <u>Розрахунок геотермального зонда</u>	94
10. <u>Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища</u>	100
<u>Список використаних джерел інформації</u>	103

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Куницький В.Р.			Проект комбінованої системи охолодження, опалення та гарячого водопостачання на базі повітряного теплового насосу, для приватного житлового будинку площею 200м ² , м. Миколаїв				
Перевір.		Яковлева О.Ю.							
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						5	103		
					ОНТУ група ЕН-141				

Вступ

Системи опалення є основним інструментом, що дозволяє створювати і підтримувати теплові комфортні умови в будівлях і спорудах. В даний час до цих функціональностей додалася функція управління параметрами мікроклімату, що в сукупності з вимогами енергозбереження виводить на першу роль саме системи опалення.

За великим рахунком, це два абсолютно різних об'єкта з одним і тим же призначенням. Сучасні системи опалення мають принципово інший підхід до регулювання – це не процес налагодження перед пуском з подальшою роботою в постійному гідравлічному режимі, це системи з постійно змінюються тепловим і гідравлічним режимами в процесі експлуатації, що відповідно вимагає автоматизації систем для відстеження цих змін і реагування на них. Наприклад, зміна теплового режиму залежить від здатності терморегулятора змінювати витрату теплової енергії на нагрівальні прилади в системі відносно шляхом зміни гідравлічного режиму, що викликає ланцюгову реакцію інших систем (Або терморегуляторів, що може викликати як разрегулювання системи, так і вихід з ладу циркуляційного насоса, або перевантаження системи електропостачання). Природно, що класифікація систем опалення також змінилася. У всякому разі, представляється логічним введення нових ознак систем, що відрізняють системи з терморегулюючим обладнанням від класично.

Системи опалення можна розділити: 1. За радіусу дії – місцеві і центральні; 2. По виду циркуляції теплоносія – природні та штучні (насосні); 3. За типом теплоносія – повітряні, водяні, парові, електричні, комбіновані; 4. За способом розведення – з верхньої, нижньої, комбінованої, горизонтальної, вертикальної; 5. За способом приєднання приладів – однотрубні, двотрубні, комбіновані; 6. За типом застосовуваних приладів – конвекційні, променисті, конвекційно-променисті; 7. Під час поїздки теплоносія в магістральних трубопроводах – тупикові і попутні;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. За гідравлічним режимом – з постійним і змінним режимом. 9. За величиною перепаду температур в прямому та зворотному 10. За часом роботи – постійно працюють протягом опалювального періоду і періодичні (в тому числі і акумуляційні) системи опалення. Всі ці ознаки системи в реальності, як правило, змішуються – наприклад, водяна система з нижнім розведенням, тупикова, із змінною гідравлікою, з нагрівальними приборами – конвекторами, електрична – прямої дії і повітряна або водяна системи опалення.

Особливості роботи теплового насоса припускають наявність мінімального константного обсягу теплоносія системи опалення. Цей незмінний мінімально-необхідний обсяг можна забезпечити, застосувавши також буферну ємність Buderus Logalux P50W об'ємом від 50 л.

З буферного бака тепло або холодоносія надходить в контури тепло / холодопостачання. Нагрів гарячої води відбувається в бівалентному баку від теплового насоса за пріоритетом. Якщо в момент запиту на нагрів гарячої води теплоносіє має температуру нижче необхідної для приготування гарячої води, то спочатку переключається триходовий «розгінний» клапан, і теплоносіє рухається по «малому колі», що дозволяє миттєво підвищити його температуру до необхідного рівня для нагріву гарячої води. Цим же виключається можливість попадання хладагента в бак ГВП при роботі теплового насоса в режимі охолодження.

Триходовий клапан для ГВП перемикається тільки після досягнення необхідного значення температури теплоносія для нагріву гарячої води. Для повернення в режим охолодження після закінчення процесу приготування гарячої води теплоносіє також замикається в «малому колі» за допомогою переключаючого «розгінного» клапана. При зниженні температури зовнішнього повітря нижче заданого значення і / або при зниженні потужності теплового насоса включається газовий конденсаційний котел. Нагрітий теплоносіє від газового конденсаційного котла проходить через вбудований триходовий змішувальний клапан теплового насоса. Таким чином, на виході з теплового насоса досягається необхідна температура води.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Огляд теплових насосів.

1.1.«Тепла підлога» і фенкойли:

Реалізація системи відбору тепла у вигляді контуру «теплої підлоги» і фенкойлів дозволяє використовувати систему опалення в оборотному режимі – для охолодження влітку. Використання води в якості холодоносія набагато ефективніше, ніж використання повітря.

«Тепла підлога» (в даному випадку, влітку - «холодну підлогу») до того ж охолоджує не тільки повітря в приміщенні, але і перегріті конструкції будівлі, які потім служать таким собі аккумулятором холоду, що згладжує нестационарні температурні режими. Дане рішення – фенкойли і теплообмінник на підлозі – через їх «низкопотенциальной» особливості набагато комфортніше, ніж холодні струмені від кондиціонерів.

Схема (див. Малюнок) передбачає підключення до 4-х незалежних контурів.

Режим охолодження для другого, третього, четвертого контурів може бути заданий за умови, що перший контур передбачений для режиму охолодження. Регулятор RC 100H має вбудований датчик кімнатної температури і датчик відносної вологості повітря. Вимірюючи реальну температуру в приміщенні, RC 100H забезпечує комфортні умови в будинку як взимку, так і влітку. Датчик відносної вологості контролює, щоб на стінах і на підлозі не утворювалася волога при роботі теплового насоса в режимі охолодження.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак слід пам'ятати про особливості роботи всієї системи для охолодження. Принципово можливі два різних режими роботи: 1) режим охолодження вище температури точки роси, наприклад охолодження за допомогою системи опалення підлоги; 2) режим охолодження нижче температури точки роси, наприклад охолодження за допомогою фенкойлів.

В режимі охолодження температура поверхні системи опалення підлоги не повинна опускатися нижче 20°C . Щоб забезпечити дотримання критеріїв комфортності і уникнути утворення конденсованої вологи, необхідно враховувати граничні значення температури на поверхні підлоги.

Для контролю випадання вологи (можна налаштувати нижню межу температури аж до $+5^{\circ}\text{C}$) потрібно встановлювати датчики температури точки роси (до 5 штук) в критичних місцях, в яких може утворюватися конденсат або, наприклад, у вхідний трубопровід системи опалення підлоги. Тоді можна запобігти утворенню конденсату на підлозі навіть при короткочасних коливаннях погодних умов. Датчики подають сигнал на відключення подачі теплоносія (або теплового насоса) при утворенні конденсату щоб уникнути зволоження конструкцій будівлі і дискомфорту для мешканців.

Мінімальна температура в прямому трубопроводі для охолодження за допомогою системи опалення підлоги і мінімальна температура поверхні підлоги залежать від конкретних умов

мікроклімату в приміщенні (температура повітря і його відносна вологість). Слід враховувати ці фактори при проектуванні. Зокрема, не рекомендується застосовувати охолодження підлоги у вологих теплих приміщеннях,

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наприклад в ванних кімнатах і кухнях. Потрібно передбачити відключення підлогових контурів в них, коли тепловий насос працює в реверсному режимі – на охолодження.

Крім того, для буферного бака-накопичувача необхідно застосовувати теплоізоляцію з високою стійкістю до дифузії водяної пари (що реалізовано в моделі Logalux P200 / 5W і інших теплових акумуляторах цієї серії з різним робочим об'ємом).

При експлуатації нижче температури точки роси необхідно також повністю забезпечити теплоізоляцією з високою стійкістю до дифузії водяної пари все трубопроводу підключення. Випадає конденсат, наприклад, в фенкойлів, необхідно відводити відповідно до діючих норм.

Режим експлуатації нижче точки роси, взагалі кажучи, технічно можливий, але небажаний для комбінованої системи опалення / охолодження приватного будинку з міркувань комфортності, його слід уникати.

Варто зазначити, що в якості основного Теплоагрегат для опалення / охолодження можна використовувати розсільна-водяні та водно-водяні теплові насоси. Вони можуть бути енергоефективніше, мати більш високий COP і EER і кращі показники витратності. Однак застосування саме повітряно-водяного насоса значно економить загальні витрати на реалізацію проекту. У цьому випадку немає ніяких особливих вимог до розмірів земельної ділянки, не потрібно фінансових вкладень в проектування і отримання різного роду дозволів на риття каналів, буріння і тампонаж свердловин та інше, що в разі розсільна-водяних і водно-водяних теплових насосів може бути можна порівняти з витрат з ціною самого теплового насоса. У деяких випадках (особливо в районах старої забудови або через геологічні особливості місцевості) облаштування свердловин і геотермальних полів взагалі може виявитися неможливим.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проте, місце розміщення зовнішнього блоку повітряно-водяного теплового насоса повинно відповідати вимогам, зазначеним в документації виробника з проектування. Це в основному стосується спрямованості виходу вентилятора і відстані від стіни, що межує з житловою кімнатою, а також облаштування підстави для зовнішнього блоку і теплоізоляції сполучних трубопроводів.

Зазвичай систему опалення вибирають і розраховують «по теплу». В такому випадку – можливість використовувати комбіновану систему для охолодження – це опція, додаткова функція. Тому потрібно обов'язково перевірити, чи буде достатньо холодопроизводительности теплового насоса для покриття потреби по охолодженню приміщень будинку в жарку пору року.

Однак, подібно до того, як для покриття пікових теплових навантажень в даній схемі є конденсаційний настінний газовий котел Logamax plus GB172i, точно так само і для забезпечення всіх потреб для охолодження в жарку пору року буде потрібна додаткова техніка (наприклад, широко поширені спліт-системи)..

1.2. Популярні системи холодопередачі:

Способи безшумного охолодження реалізуються через системи прихованих в підлозі, стінах або стелях розгалужених трубних сварках з циркулюючим там теплоносієм (холодною водою). Однак необхідно врахувати, що неправильно виконаний монтаж може призвести до утворення конденсату на цих поверхнях. Для невеликих за площею об'єктів частіше використовуються системи теплих підлог. Питома навантаження охолодження коливається в межах близько 25 Вт на метр квадратний теплої підлоги. Як і будь-яка прихована система, така система кондиціонування, найкраще встановлюється тільки в знову споруджуваному будинку і вимагає точний розрахунок і професійний монтаж.

За допомогою системи фанкойлів (вентиляторних конвекторів) більш зручно можна не тільки обігріти, але і охолодити приміщення будинку. При

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пропущенні охолодженої води через теплообмінники фанкойлов, повітря приміщення віддає тепло циркулюючої в теплообміннику холодній воді. Можливо 2-трубне або 4-трубне виконання фанкойлів з циркуляцією води через один (тепло) або два (тепло / холод) теплообмінника. Використовувані в фанкойлах енергоефективні вентилятори працюють з мінімальним рівнем шуму, відрізняються значною потужністю охолодження і економним енергоспоживанням. Для відведення конденсату передбачаються конденсатоотводчики, приєднувальні трубопроводи ізолюються для запобігання утворення на них конденсату. Можуть використовуватися фанкойли настінного, підлогового, універсального, каналного або касетного типів. Фанкойли не займають багато місця, вони легко встановлюються, відрізняються оригінальним дизайном і зручним управлінням, швидко нагрівають або охолоджують кімнати будинку.

Висока ефективність теплового насоса - його головна особливість. Саме вона змушує домовласників відмовлятися від традиційного опалення на користь цього обладнання. Трохи цифр для наочності. Звичайний електрокотел отримує не більше кіловата тепла з кожного спожитого кіловата електроенергії. А ось тепловий насос як джерело тепла дає в три-п'ять разів більше. Різниця колосальна!

При цьому система опалення на тепловому насосі функціонує не так, як стандартна, в складі якої застосовуються традиційні джерела тепла. Справа в тому, що тепло в першому випадку не проводиться, а просто переноситься.

Процедуру виробництва тепла відмінно пояснює приклад з розпалюванням багаття. У випадка з котлом: збираємо Хмиз, заготовляємо тоненьких лучінок, посильний трьом палички для розпалювання до тих пір, поки НЕ з'явиться полум'я. З тепловим насосом все простіше: з одного багаття дістаємо вугілля, підкладаємо під дрова, роздухуємо до з'явиться вогню.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки ефективності теплового насоса кожен витрачений кіловат енергії перетворюється на виході в чотири: плюс ще три з навколишнього середовища.

Власників приватного житла і квартир надзвичайно цікавить комплексне рішення на тепловому насосі, а саме: як можна отримати температуру води в 45°C , а то і в 60°C при заборі тепла з вуличного повітря, температура якого -10°C . Тут справа ось у чому. Енергія, що поглинається розсіяна в великому обсязі зовнішнього повітря. Просіваючи його, насос фокусує її і стискає. В результаті частішає зіткнення молекул і, як наслідок, температура підвищується. При цьому тепло не потрібно створювати, воно просто переноситься з одного джерела в інший в більш стислому вигляді. Тепловий насос знижує витрати на електропостачання більш ніж в половину. У вас перестане боліти голова від кількості рахунків. Платіть тільки за електроенергію за спеціальним зеленим тарифом.

Ставайте незалежним від змін, що важливо в наш нестабільний час. ТН може працювати на опалення до -7°C без резервних джерел тепла.

Сучасні теплові насоси - це повністю автоматизований пристрій. Про вас подбали, зберегли час - не треба нічого перемикаєти і підкидати, можна перестати контролювати. Обігрів, охолодження і кондиціонування відбувається автоматично.

Можливість впровадження комплексних, продуманих спеціально для вашого приміщення рішень. Нічого зайвого.

Найважливіша перевага теплових насосів перед іншими методами опалення - соціальний аспект: теплові насоси споживають енергію поновлюваних джерел. Ви припиняєте викачувати ресурси нашої землі, перестаєте викидати в атмосферу шкідливі речовини. Багато хто може говорити про екологію, одиниці роблять. У будь-якому випадку, крім явних плюсів, є і мінуси.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.Недоліки та класифікація теплових насосів:

Недоліки теплових насосів:

- 1) Найважливіший в наших реаліях недолік - це ціна. ТН дійсно вимагає хороших первинних капіталовкладень.
- 2) Високі вимоги до електромережі. Вона повинна бути трифазної і з мінімальними перепадами напруги.

Класифікація теплових насосів:

За джерела теплові насоси ділять на повітряні і ґрунтові. Найпоширеніші ми зараз розглянемо.

Повітряні:

- 1) «Повітря-вода» передає тепло повітря на потреби гарячого водопостачання, опалення та кондиціонування. Це справжня знахідка, якщо хочете охолоджувати великі обсяги повітря на виробництві, в ресторанах, спортзалах.
- 2) «Повітря-повітря» збирає тепло атмосферного повітря і віддає в приміщення. Тепловий насос «повітря-повітря» зігріває, в реверсивному режимі працює як кондиціонер.

Ґрунтові:

- 1) «Вода-вода» бере тепло з підземних вод, і переносить його в будинок.
- 2) Геотермальний ТН використовує теплоту надр. Фреон в тепловому насосі забирає тепло землі і передає його в будинок.

Ґрунтові ТН мають високий COP, незалежних від пори року, але їх істотним недоліком можна вважати дорогі земляні роботи і складність сервісного обслуговування.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чим відрізняється тепловий насос від кондиціонера? Заради чого більше платити? Основна відмінність в принципі роботи в зимовий період. При температурі нижче 5 градусів кондиціонер працює на знос.

При установці повітряного теплового насоса необхідно передбачити систему розподілу тепла / холоду. Фанкойли і тепла підлога - це найвигідніший варіант. Це обладнання дозволяє використовувати низькотемпературний режим опалення.

Установка теплового насоса хоч і вимагає значних інвестицій, зате гарантує безпеку як для вас, так і для навколишнього середовища, а також забезпечує економію та автономність. Тим більше, зараз існують програми компенсації витрат з модернізації систем опалення (IQ Energy) або кредитування з відшкодуванням від 40 до 70% коштів.

Якість багатоповерхових будинків, які введені в експлуатацію за останні три-п'ять років, залишає бажати багато кращого. Мають рацію ті, хто не до кінця довіряє солодким наспівам реклами, адже щасливі власники новеньких квадратних метрів навіть не уявляють, що їх чекає.

Чому тепловий насос для сучасної квартири - це вигідно? Після заселення домовласникові слід готуватися не до приємних клопотів новосела, а до затяжної боротьби з ЖЕК-ом компанії-девелопера. Справа в тому, що «зданий об'єкт» часто має тимчасове підключення до інженерних мереж: в прагненні заощадити забудовники йдуть на крайні заходи - намагаються відтягнути момент здачі вузлів обліку електроенергії і електроустановок (трансформаторних підстанцій) до дня введення в експлуатацію останнього будинку в житловому комплексі.

В результаті подібних маніпуляцій новосели платять за електрику не як фізичні, а як юридичні особи. Розцінки на електрику для останніх виглядають як мінімум лякає. Найстрашніше, що альтернативи немає: чи не подобається - не живи.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш ніж дізнатися про оптимальне рішення проблеми величезних платежів за електрику, дайте відповідь на три питання:

- 1) Хотіли б ви максимально економити на експлуатації обігрівача?
- 2) Чи потрібно вам кондиціонування в літні місяці?
- 3) Головні характеристики техніки для дому - це надійність і якість виконання?

Якщо всі три відповіді позитивні, значить, тепловий насос в квартиру, в зв'язці з фанкойлами і системою теплої підлоги - це ваш варіант.

Цей апарат видає 3,5 кВт тепла з кожного спожитого кіловата електрики (в середньому, для Києва). Очевидно, що співвідношення 3,5: 1 набагато вигідніше, ніж 1: 1 у випадку зі звичайним конвектором. В результаті платити доведеться не 12863,30 грн., А в 3,5 рази менше, тобто 3675,23 грн.

Крім того, теплові насос в квартирі використовуються для кондиціонування повітря в спеку. Саме для цієї мети їх комбінують з фанкойлами - тими ж водяними конвекторами.

1.4. Альтернативне опалення будинку за допомогою теплового насоса:

1) Перевагами установки повітряного теплового насосу в уже збудованому котеджі або особняку з готовою системою теплопостачання будуть:

- Широкий діапазон тепло / холодопроизводительности;
- Повне задоволення потреби в гарячій воді круглий рік;
- Управління декількома різнотемпературними контурами з температурою нагріву теплоносія до 80 ° C!
- Робота з зонами радіаторів, теплих підлог або з фанкойлами;
- Програмоване управління.

2) Тепловий насос повітря-вода - це найкраще альтернативне опалення будинку для нового проекту з елітним рівнем комфорту і сучасним місцевим

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або віддаленим (Wi-Fi) управлінням. Повна автономність, кондиціонування влітку і зручність налаштувань для окремих приміщень будинку - дуже корисні гідності таких систем.

3) Які можна запропонувати альтернативні способи опалення заміського будинку? Не скрізь можна встановити газові котли для опалення таких будинків, та й їх експлуатація обходиться дорого. Каміни, твердопаливні котли, можливо, здадуться зручним виходом для опалення та підігріву води в невеликому заміському будиночку, куди приїжджають в основному на час. Але з ними пов'язані постійні турботи про паливо і обслуговуванні такого обладнання. Такий будинок не захищений від промерзання і вогкості в холодний сезон. При необхідності рівня зручностей вище «спартанських» і при використанні таких будинків цілий рік, в заміському будинку найзручніше встановити компактний повітряний тепловий насос - він забезпечує тепло, холод і гарячу воду цілий рік і захищає всю систему від замерзання.

Уже зараз в квартирах з автономним опаленням стоїть безліч газових котлів, і рахунки за тепло з кожним роком все вагомішими. Де вихід? Як альтернативні джерела опалення квартир замість газового котла або паралельно йому можуть встановлюватися повітряні теплові насоси, вони не забирають багато енергії з мережі, а вартість їх експлуатації в кілька разів дешевше, ніж платежі за газ. Повітряні теплові насоси легкі в установці, як побутовий кондиціонер, працюють з теплою підлогою або з радіаторами, вони зручні і прості в управлінні. Такі агрегати можуть поставляти тепло в одну квартиру або на поверх, в залежності від планування будинку.

Повітряні теплові насоси універсальні в застосуванні. Їх легко інтегрувати в діючу систему опалення і актуально задіяти в нових проектах, як в приватних будинках, так і в квартирах. Завдяки банківським і державним програмам «зелених кредитів» встановити таке обладнання може все більша кількість українських сімей. Швидка окупність вкладених коштів і істотна економія

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поточних витрат роблять таке обладнання ідеально перспективним і цікавим для впровадження.

Який вид опалення буде найбільш економним за поточними витратами, забезпечить найкращий комфорт і не буде вимагати постійних турбот? Все частіше власники будинків задають питання: як обігріти приватний будинок без газу? Стабільно зростаючі тарифи на газ та інші види палива змушують шукати альтернативу. Точніше - використовувати альтернативні джерела енергії. Тому ідеальним вибором для систем теплопостачання стане тепловий насос.

Якщо просто, то в тепловому насосі втілені найсучасніші технології з використання відновлюваних джерел енергії для виробництва тепла і нагрівання води. Використовуючи левову частку тепла з землі, повітря або води, і тільки четверту чи п'яту частину енергії забираючи з електромережі, тепловий насос (ТН) передає у систему опалення в кілька разів більше теплової енергії, ніж споживає. Цим пояснюються економія витрат (до 80%!) На опалення і найкращі показники його енергоефективності, в порівнянні з іншими видами опалювального обладнання

Як зробити опалення в приватному будинку без газу? Тепловий насос - найактуальніше рішення для знову проєктованої системи або поліпшення вже діючої системи теплопостачання котеджу, особняка або заміського будинку.

Що потрібно зробити, щоб опалити будинок без газу?

1) Для нового будинку: підготувати проєкт з низькотемпературної системою розподілу тепла. Така система з теплою підлогою / стінами (макс. $T = + 45^{\circ}\text{C}$) і фанкойлами замість радіаторів, не тільки повністю забезпечить будинок теплом і гарячою водою, але і наповнить його прохолодою влітку.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2)Для існуючої системи з радіаторами відмінно підійдуть

високотемпературні моделі ТН, для системи з теплими підлогами або стінами - середньотемпературні ТН, вони можуть автономно або в парі з встановленим котлом виконувати функції теплопостачання будинку і нагріву води.

Як правильно зробити опалення в приватному будинку без газу? Перш за все - добре утеплити будинок. Менше тепловтрат, менше платежі за тепло. Після цього грамотно підібрати теплонасосної обладнання. У цьому питанні краще звернутися до фахівців, адже від правильного вибору залежить комфорт в будинку, очікувана економія і термін окупності вкладених коштів.

Про видах теплових насосів докладно ми вже писали тут, основні моменти вказано нижче.

Грунтовий теплонасос на 100% може виконувати роботу з постачання будинку теплом і гарячою водою без газу. Для установки ТН «грунт-вода» необхідна ділянка землі, досить солідні інвестиції і проведення складних земляних / бурових робіт. Тепловий насос «вода-вода» також вимагає особливих умов для установки (н-р, підземні водні горизонти, достатній дебет джерела тепла).

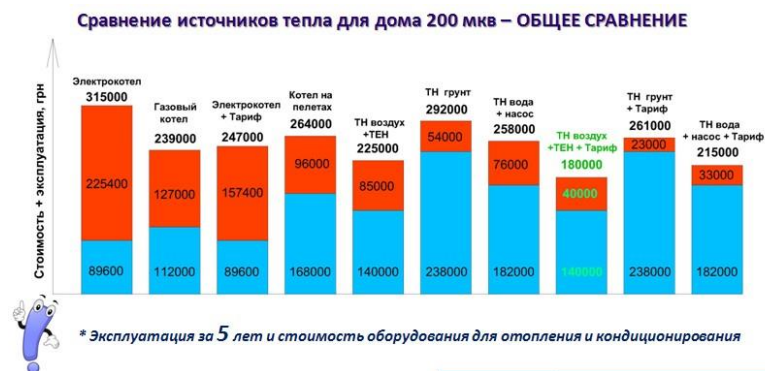
Повітряний тепловий насос - саме універсальне, економне і компактне рішення для нового проекту або для поліпшення старої системи опалення. ТН «повітря-вода» - це найменші інвестиції і короткий термін окупності, легкий монтаж і зручна інтеграція в будь-яку схему теплопостачання.

Як опалити будинок дешево і без газу? Дешево і сердито - це дровами, вугіллям, мазутом, відходами, брикетами або пелетами. АЛЕ: це купа проблем від установки котла і димоходу до обслуговування, від турбот про безпеку до постійного головного болю про запас палива. Про комфорт влітку і взимку - помовчимо. Як варіант - можна встановити ще кондиціонери.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газові та електрокотли дуже дорогі в обслуговуванні. І все це обладнання далеко не так вже дешево. А перспектив в найближчому майбутньому у котлів на викопному паливі - ніяких.

У порівнянні «вартість обладнання + вартість експлуатації» завжди виграють теплові насоси. Економічна вигода впровадження ТН - у наявності.



Логіка проста - щоб отримати саму економну в експлуатації систему тепло / холодопостачання, необхідно спочатку вкласти чималі кошти. Тепловий насос - інноваційне високотехнологічне обладнання з інтелектуальною системою управління, тому вартість його поки перевищує номінальну вартість інших типів теплотехніки для опалення без газу. Але він один вирішує завдання трьох пристроїв: опалювального котла, водонагрівача і кондиціонера.

Держава, банки і міжнародне співтовариство пропонують спеціальні програми, що стимулюють впровадження альтернативних джерел в системах теплопостачання в житловому будівництві. Це програма IQ energy від ЄБРР, різні «зелені кредити» («ЕКОЕНЕРГІЯ», «Ощадний дім» та ін.) Від банків і державні програми. Це відкриті можливості для реалізації енергоефективних проектів.

За останній десяток років темпи впровадження теплових насосів на території України стрімко зросли. Таке обладнання для опалення без газу з успіхом застосовується як на приватних об'єктах (в будинках, котеджах, особняках, котеджних містечках), так і на об'єктах комерційного або промислового

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначення: торгових комплексах, спортивних спорудах, в фермерських господарствах, в багатоквартирних будинках, виробничих або адміністративних будівлях. Альтернативне опалення без газу найбільш перспективні в розвитку і застосуванні серед всіх типів теплотехнічного обладнання.

2. Будівельно ізоляційна конструкція будинку:

Вихідні дані для проектування системи опалення:

Вихідні дані для проектування є наріжним каменем самого проекту.

Для виконання проекту по опаленню будинку необхідно отримати наступні дані:

1. Географічне розташування об'єкта – місто Миколаїв;
2. Функціональне призначення об'єкта – Приватний житловий будинок;
3. Площа споруди – 200м².
4. Висота стін - 3,5 м.
5. Площа вікна - 3,6м²
6. Мешкає три людини.
7. Висота споруди – 7м

Загальні принципи забезпечення теплозахисту стін.

Підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень, що діють в даний час. Це досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами, які повинні захищатися від зовнішніх впливів захисно-декоративним шаром, здатним при необхідності збереженні нитка або поліпшити архітектурно-художній вигляд будинку або приміщення.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У практиці пристрою додаткової теплозахисту стін існує два основних способи розташування: з зовнішньої або внутрішньої сторони стіни. Іноді зустрічається конструктив но-технологічне рішення пристрою теплозахисту будівель з розташуванням утеплювача з зовнішньої і внутрішньої сторони стіни одночасно.

Конкретний варіант розташування теплозахисту встановлюється на основі аналізу всіх можливих способів її пристрою з урахуванням їх достоїнств і недоліків.

Варіант з розташуванням теплоізоляційного матеріалу на внутрішній поверхні стіни володіє наступними перевагами:

- теплоізоляційний матеріал, як правило, не має достатньої здатності до опору тиску впливів зовнішнього середовища, знаходиться в сприятливих умовах і, таким чином, не потрібно його додатковий захист;
- Проведення робіт із влаштування теплозахисту може йти в будь-який час року незалежно від способу кріплення.

До недоліків розташування теплозахисту з боку приміщення відносяться:

- зменшення площі приміщення за рахунок збільшення товщини стіни;
- необхідність влаштування, з метою виключення випадання конденсату, додаткової ті площі в місцях обпирання на стіни плит перекриттів і в місцях примикання до зовнішніх стін внутрішніх стін і перегородок;
- необхідність захисту теплоізоляційного матеріалу і стіни від зволоження шляхом устрої пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом;
- неможливість захистити стики великопанельних будинків від протікань;
- складність пристрою теплоізоляції в місцях розташування приладів опалення, а також в межах товщини підлоги.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що в більшості випадків пристрій додаткової теплоізоляції з внутрішньої сторони стіни проводиться на стадії реконструкції з повною заміною санітарно технічного обладнання і конструкцій підлоги. Тому, останній недолік даного способу є менш істотним у порівнянні з іншими.

Варіант розташування теплозахисту з зовнішнього боку стіни має наступні достоїнства:

- створення захисної термооболочки, що виключає утворення теплопровідних включень;
- виключення необхідності влаштування пароізоляційного шару;
- можливість захистити стики великопанельних будинків від атмосферних впливів;
- створення нового архітектурно-художнього вигляду будівлі;
- можливість одночасно з пристроєм теплоізоляції виправляти дефекти стіни;
- розташування добре акумулює тепло матеріалу стіни в зоні позитивних температур. Це підвищує теплову інерцію огороження і сприяє поліпшенню її теплозахисних властивостей при нестационарної теплопередачі, а також збереженню дотримуюся цих переваг високих теплоаккумулюючих якостей стіни:

Короткочасні притоки холодного повітря (при кожному відкритті вікон і дверей) не призводять до швидкого охолодження приміщення;

Знижується вплив температурних коливань зовнішнього повітря на

Внутрішній клімат приміщення;

При влаштуванні теплоізоляції з зовнішньої сторони стіни не зменшується площа приміщень;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відсутні питання, пов'язані з пристроєм теплоізоляції в місцях розташування при борів опалення і в межах товщини підлоги.

Істотними недоліками цього варіанта є необхідність влаштування по тепло ізоляції надійного захисного шару, а також використання при виконанні робіт дорогостоя щих засобів підмоцнування.

Пристрій теплозахисту з зовнішньої і внутрішньої сторони стіни одночасно в даний час не використовується, так як даний спосіб має велику трудомісткістю робіт.

Конструкція додаткової теплозахисту в період експлуатації піддається зовнішнім і внутрішнім впливам. До зовнішніх відносяться: сонячна радіація; атмосферні опади (Дощ, град, сніг); змінні температури; вологість повітря; зовнішній шум; повітряний по ток; гази; хімічне біологічний вплив. До внутрішніх впливів можна віднести навантаження (постійні, тимчасові і короточасні), коливання температури, вологість і сейсмохвилі. Тобто велике значення має якість виконаних робіт та технічне зі стояння теплоізоляційного шару в період експлуатації. Так навіть незначні порушення

теплоізоляції можуть створити «теплопровідні мости», в результаті чого буде відбуватися не тільки значне збільшення тепловтрат приміщення, а й зростає ймовірність по явища конденсату в захисної конструкції. У таблиці наведені орієнтовні поправки до коефіцієнтів термоопору теплоізоляційних матеріалів в залежності від технічного стану останніх.

2.1. Конструктивне рішення:

При розгляді варіантів розташування утеплювача можна зробити висновок, що найбільшого ефекту можна домогтися шляхом утеплення зовні:

- здійснюється захист стін від змінного замерзання і відтавання, а так само і від ін ших атмосферних впливів;

- вирівнюються температурні коливання основного масиву стіни;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- збільшується довговічність конструкцій стіни;
- температурний нуль зсувається в зовнішній теплоізоляційний шар;
- зростає теплоакumuлююча здатність масивної стіни.

При внутрішньому утепленні несуча стіна промерзає що сприяє зниженню коефіцієнта її термоспротивлення, появі надлишку вологи і прискореного старіння огорожувальної конструкції.

1. Утеплювач розміщений з внутрішньої сторони огорожувальної конструкції. для підвального приміщення такий спосіб утеплення найбільш обґрунтований. Хоча доведеться зменшити площу і виконати монтаж пароізоляції. Останнє окупиться тим, що стіни з внутрішньої сторони приміщення не будуть просочуватися вологою в процесі його експлуатації. Утеплювати стіни з внутрішнього боку приміщення в знову споруджуваному будинку економічно неефективно, проте при будівництві деяких промислових будівель, а також при реконструкції або ремонті існуючих будівель часто доводиться приймати даний варіант утеплення.

2. Утеплювач розміщений усередині конструкції.

Таку конструкцію найчастіше називають "сендвіч" або "сендвіч-панелі". Все залежить від того, яка це стіна-несуча, самонесуча або навісна, і з якого матеріалу вона проводиться: цегла, бетон, дерево, метал або комбінована. Від вихідного матеріалу, а також від типу утеплювача залежить товщина стіни.

Під найменуванням "сендвіч-панелі" мається на увазі цілий клас багатошарових конструкцій, що включають в себе теплоізоляційний матеріал, облицьований з обох сторін.

За функціональним призначенням "сендвіч-панелі" можна розділити на стінові, покрівельні та оздоблювальні (для реконструкції і утеплення старих будівель і приміщень). По виду теплоізоляційного матеріалу "сендвіч-

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

панелі" можна розділити на три основні групи: з утеплювачем з мінеральної вати, з утеплювачем з пінополіуретану та з утеплювачем з пінополістиролу.

При цьому панелі з пенополімерним утеплювачем в 1,5 - 2 рази легше, ніж панелі з мінераловата ним утеплювачем тієї ж товщини, і мають кращі теплоізоляційні властивості (що особливо актуально в силу необхідності заощаджувати теплову енергію), але поступаються по вогнестійкості.

3. Утеплювач розміщений зовні огорожувальної конструкції. При розміщенні утеплювача зовні, його необхідно захищати від атмосферних впливів. Можна виділити два підходи: найбільш часто застосовується захист із спеціального штукатурного складу без повітряної прошарку і захист зі спеціальних плит з повітряним прошарком, так звана система вен тіліруемого фасаду, та пристрій додаткової теплоізоляції зовні. Він краще захищає стіну від змінного замерзання і відтавання. Вирівнюються температурні коливання масиву стіни, що перешкоджає появі деформацій, особливо небажаних при великопанельному житловому будівництві.

Точка роси зрушується в зовнішній теплоізоляційний шар, внутрішня частина стіни не отсирев кість, і не потрібно додаткової пароізоляції.

Іншою перевагою зовнішньої теплоізоляції є збільшення теплоаккумулюючої здатності масиву стіни. Так, якщо відбудеться відключення джерела тепlopостачання при зовнішньої ізоляції, цегляна стіна буде остигати в 6 разів повільніше, ніж при внутрішньому шарі теплоізоляції такої ж товщини. Установка теплоізоляції зовні дозволяє також знизити витрати на ремонт пошкоджених стін.

Використання навісних конструкцій дозволяє, з одного боку, "одягнути" фасад в сучасні оздоблювальні матеріали, а з іншого - поліпшити теплотехнічні характеристики огорожувальних щей конструкції і захистити її від шкідливих атмосферних впливів.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій:

У процесі розрахунку визначаються необхідні опору теплопередачі, за якими приймають товщини стін, утеплювача покрівлі, вид скління світлових прорізів і конструкція дверей (воріт).

Попередньо визначають: умови експлуатації, товщину, щільність і коефіцієнти теплопровідності допоміжних шарів огорожувальних конструкцій.

Згідно нормативних вимог в Україні при проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку на основі багат шарових конструкцій, з внутрішньої сторони конструкцій треба розташовувати шари з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплої кістка і опір паропрониканію. При проектуванні нових будинків і реконструкції існуючих, шари з теплоізоляційних матеріалів слід розташовувати з зовнішньої сторони огорожувальної конструкції. При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку з виокремленням термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій для зменшення термічної не є однорідним в площині фасаду будинку необхідно забезпечувати щільне прилягання теплоізоляційних матеріалів до теплопровідних включень - колон, балок, перемичок, внутрішніх перегородок, вентиляційних каналів і т.п., і передбачати заходи відповідного контролю. Некріпні теплопровідні включення слід розташовувати ближче до теплої сторони огорожі. Наскріпні, головним чином, металеві включення (профілі, стрижні, болти) повинні бути ізольовані матеріалами з теплопровідністю не більше $0,35 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ } ^\circ \text{К})$. При проектуванні необхідно також передбачати захист внутрішніх поверхонь стін від вологи, зовнішніх - від атмосферних опадів з використанням ізолюючих шарів покриття (облицювання, штукатурки, фарбування), які вибираються в залежності від матеріалу стін, їх конструктивного рішення і умов експлуатації.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, в будинках без підвалу необхідно утеплювати на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, а в будинках з підвалом - на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту.

Проектування теплоізоляційної оболонки будинків необхідно здійснювати з застосуванням теплоізоляційних матеріалів, термін ефективної експлуатації яких становить не менше ніж 25 років; для змінних ущільнювачів - з терміном ефективної експлуатації не менше ніж 15 років, із забезпеченням ремонтпридатності елементів теплоізоляційної оболонки.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалювальних будівель і споруд і внутрішніх конструкцій, температури повітря в приміщеннях яких відрізняються на 3° С і більше, зобов'язань тельно виконання умов:

(формула 2.1) $R\Sigma_{np} \geq Rq_{min},$

$$\Delta t_{np} \leq \Delta t_{cr},$$

$$t_{в min} > t_{min.},$$

Де: **$R\Sigma_{np}$** – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції або її частини (для термічно однорідних огорожувальної конструкції визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозрачної огорожувальної конструкції, м² К / Вт;

Rq_{min} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальні дає конструкції або непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозрачної огорожувальної конструкції, м² К / Вт;

Δt_{np} – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною тим температур внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Δt_{cr} – допустима по санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної щей конструкції, °C;

$t_{b \min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в захисної конструкції, °C;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °C.

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, R_o , приймають:

- для виробничих приміщень – не менше необхідних значень, згідно нормативних вимог, наведених в таблиці

для житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень – не менше нормативного з умов енергозбереження в залежності від кількості градусо-днів обігрівач ного періоду, який приймається за додатком.

T_p – температура точки роси, ° C, при розрахунковій температурі і відносній вологості внутрішнього повітря

Мінімально допустимі значення термічного опору огорожувальних конструкцій промислових будівель, $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K / B$

При санітарно-гігієнічних умовах – мінімальну необхідну термічний опір дротини ($R_{O \text{ mp}}$) стін (зовнішніх, внутрішніх) і покриттів визначається по залежності:

(формула 2.2) $R_{O \text{ mp}} = [n (t_{b \text{ в}} - t_{b \text{ н}})] / (\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\text{в}}), m^2 \cdot K / B$,

Де: n - коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальних кон трукцій, щодо зовнішнього повітря (для стін, покриттів і горищних перекриттів $n = 1,0$);

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_v - розрахункова температура внутрішнього повітря для холодного періоду року, °C;

t_n - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, °C;

Δt_n - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, приймається по таблиці;

α_v - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, для стін, підлог і перекриттів - 8,7 Вт / (м² °C).

Необхідна опір теплопередачі внутрішніх огорожувальних конструкцій, між приміщеннями з нормованою температурою повітря слід визначати при різниці тим температур повітря (Δt) в цих приміщеннях. При $\Delta t \leq \Delta t_n$ внутрішні огорожувальні конструкції, задовольняють санітарно-гігієнічним умовам при будь-якому значенні їх опору тілопередачі.

На підставі отриманих значень визначається фактичне термічний опір теплопередачі з формули:

(формула 2.3) $R_f = 1 / \alpha_v + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + \dots + \delta_n / \lambda_n + 1 / \alpha_n$,
м² °C / Вт

де: α_n – коефіцієнт тепловіддачі (зимові умови) зовнішньої огорожувальної поверхні конструкції, для зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами приймається рівним 23 Вт / (м² °C);

δ – товщина шарів огорожувальних конструкцій, м;

λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності шарів, Вт / (м °C);

n – номер окремих шарів огороження. В залежність (5.3) замість R_f підставляють значення $R_{нор}$, визначають δ_x (товщину несучої частини стіни або утеплювача) і приймають найближчий більший стандартний розмір.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведений опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон, балконних дверей і ліхтарів) необхідно приймати по табл., але не нижче нормативних, по таблицям

Необхідна опір теплопередачі дверей (воріт) повинна бути не менше $0,6 R_{нор}$ стін будинків, отриманих за формулою або по таблицям. Двері і ворота рекомендується приймати типовими.

Мінімально допустимі значення термічного опору

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі огорожувальних конструкцій промислових (сільськогосподарських) будівель встановлюється відповідно до табл. В залежності від температурної зони експлуатації, тепловлажностного режиму, і теплової інерції огорожувальних конструкцій, D , що розраховується за формулою:

(формула 2.4)
$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n,$$

Де: $R_1, R_2, \dots, R_n$ - термічний опір шарів огорожувальних конструкцій, $m^2 \text{ } ^\circ C / Вт$;

$s_1, s_2, \dots, s_n$ - розрахункові коефіцієнти теплосвоєння окремих шарів огорожувальних конструкцій, $Вт / (m^2 \text{ } ^\circ C)$.

Розрахункові коефіцієнти теплосвоєння повітряних прошарків приймаються рівними нулю.

Шари конструкції, розташовані між повітряним прошарком, вентильованої зовнішнім повітрям, і зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції, не враховуються.

3. Визначення теплових втрат:

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Характеристика запроектованого об'єкта

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектований об'єкт являє собою одноповерхову будівлю, розташовану у місті Миколаїв

Будівля має площу 200 м²

Режим експлуатації приміщення - нормальний.

Зона вологості - С (суха)

Географічна широта - 46°57.954'

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

(Табл. 3.1)

Розрахунок геометрична широта	Барометричний тиск	Період року	параметри А			параметри Б			Середньодобова амплітуда температури повітря
			°С	кДж/кг	м/с	°С	кДж/кг	м/с	
°	кПа	Теплий	27,9	58,2	3,2	31,0	62,0	3,2	°С
48	101,325	Холодний	-7,0	-2,9	-2,9	-20,0	-18,6	10,0	12,5

3.1. Розрахунок теплових втрат крізь огорожі

Для розрахунку тепловтрат застосовуємо такі формули:

(формула 3.1.) $R = B / K$ - це формула розрахунку величини теплового опору огорожувальних конструкцій будинку.

R - тепловий опір, (м² · К) / Вт;

K - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт / (м · К);

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B - товщина матеріалу, м.

$Q = S \cdot dT / R$ - це формула розрахунку тепловтрат.

Q - тепловтрати, Вт;

S - площа огорожувальних конструкцій будинку, м²;

dT - різниця температури між внутрішнім приміщенням і вулицею, К;

R - значення теплового опору конструкції, м² • К / Вт

Температурний режим всередині будинку для розрахунку беремо +20 .. + 23 °

С - такий режим є найбільш комфортним для людини. Мінімальна вулична температура для розрахунку тепловтрат взята -20 ° С, саме найменший температурний показник рекомендується закладати в розрахунки, при цьому різниця температур отримуємо dT = 50..53, в середньому - 52 градуси.

Загальні втрати тепла будинку починаються з тепловтрат всіх огорожувальних конструкцій, тому, використовуючи ці формули, виконуємо:

Стіни будинку - в щитах як утеплювач використана м'яка скловата товщиною 0,1 м з пристроєм пароізоляційного шару. Фасад будинку утеплює мінераловатним утеплювачем товщиною 0,05 м, з улаштуванням вітро-гідроізоляції і обшитий вініловим сайдингом.

Для розрахунку площі стіни потрібні наступні розміри:

Зал: Довжина стін – 5м.10м.5м. Висота стін - 3,5 м. Площа вікон - 6м². Площа дверей – 3,2. $S_{\text{стін}} = (5+10+5) \cdot 3,5 - (6+6) - 3,2 = 54,8 \text{ м}^2$

Житлові кімнати: Довжина стін – 7,5м. Висота стін - 3,5 м. Площа вікон - 2·2(4м²). Площа дверей – 1,6м². $S_{\text{стін}} = 7,5 \cdot 3,5 - 4 - 3,2 = 19,05 \text{ м}^2$

Кухня: Довжина стін – 7,5м.3,5м. Висота стін - 3,5 м. Площа вікна - 2·2(4м²) .
Площа дверей– 1,6м². $S_{\text{стін}} = (7,5+3,2) \cdot 3,5 - 4 - 3,2 = 30,25 \text{ м}^2$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ванна: Довжина стін – 7,5м.3,5м. Висота стін - 3,5 м. Площа дверей– 1,6м².

$$S_{\text{стін}} = (7,5+3,2) \cdot 3,5 - 3,2 = 34,25 \text{ м}^2$$

Площа стін відома, тепер для розрахунку тепловтрат необхідно обчислити величину опору R для кожного шару утеплювача стін, так як утеплення стін багатошарове:

Товщина мінераловатного утеплювача з боку фасаду будинку - 0,05 м³ коефіцієнтом теплопровідності 0,039 Вт / мК. $R_1 = 0,05 / 0,039 = 1,28 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$;

Міжстіновий утеплювач скловата - товщина 0,1 м з коефіцієнтом теплопровідності 0,043 Вт / мК. $R_2 = 0,1 / 0,043 = 2,32 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$;

Внутрішня обшивка стін м'яке ДВП (ізопліта) - товщина шару 0,012 м, коефіцієнт теплопровідності 0,05 Вт / мК. $R_3 = 0,012 / 0,05 = 0,24 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$.

Внутрішню і зовнішню обшивку стін з дощок в розрахунок не беремо, так як дошки в щитах не мають між собою щільного з'єднання, їх призначення - для кріплення оздоблювальних стінових матеріалів.

Розрахунок величини теплового опору стін будинку виробляємо за формулою:

(формула 3.2.) $R_{\text{стін}} = R_1 + R_2 + R_3 = 3,84 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$.

3.2. Розрахунок тепловтрат на інфільтрацію

Розрахунок витрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря через реальні нещільності може втрачати зміст при ущільнених сучасних вікнах та дверях. Отримані значення інфільтрації можуть виявитись настільки малими, що не будуть задовольняти санітарним нормам з повітрообміну. І тоді сучасні виробники пластикових вікон роблять в них спеціальні клапани для збільшення інфільтрації. Інакше кажучи, ми вимушені відкривати квартиру і, тим сами, все рівно збільшуємо інфільтрацію до комфортних умов. Таким

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чином правильно було б користуватись формулами, отриманими із міркувань досягнення комфортних умов для даного типу приміщення в залежності від кількості людей, режиму їх перебування в приміщенні тощо.

Тепловтрати на інфільтрацію Q_H , Вт, визначаємо за формулою:

(формула 3.3)
$$Q_H = 0.28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k_H$$

Де: L – витрата повітря, що видаляється, що не компенсується припливним повітрям, що визначається, крізь площу підлоги приміщення, за формулою:

(формула 3.4.)
$$L = 3 \cdot A = 3 \cdot 26,24 = 78,72 \text{ м}^3 / \text{год};$$

c - питома теплоємність повітря = 1 кДж / (кг ° С); k_H - коефіцієнт, що враховує вплив зустрічного теплового потоку в конструкціях, $k_H = 0,7$;

ρ - щільність зовнішнього повітря, $\rho = 1,477 \text{ кг} / \text{м}^3$.

(формула 3.5.)
$$Q_H = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k_H = 0,28 \cdot 78,72 \cdot 1,477 \cdot 1 \cdot (25-20) \cdot 0,7 = 113,944 \text{ Вт} = 0,113944 \text{ кВт}.$$

Визначення побутових тепловиділень:

Побутові тепловиділення Q_6 , Вт, визначаються з розрахунку двадцять один ват на один квадратний метр площі статі за формулою:

(формула 3.6.)
$$Q_6 = 21 \cdot A \text{ Вт} = 21 \cdot 26,24 = 682.24 \text{ Вт}$$

3.3. Загальні тепловтрати проектного об'єкта

Розрахункові втрати теплоти, що відшкодовуються системою опалення $Q_{от}$, Вт, визначається сумою втрат теплоти через огорожувальні конструкції будівлі (трансмісійні тепловтрати) $Q_{тр}$ і витрати теплоти на підігрів вентиляційного повітря $Q_в$, зменшеного на величину сумарною них «побутових» тепловиділень Q_6 .

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До «побутовим» відносяться тепловиділення від електропобутових і освітлювальних приладів, їжі приготування, гарячого водопостачання та людей, що знаходяться в квартирі.

(формула 3.7.)
$$Q_{от} = Q_{тр} + Q_v - Q_6$$

Основні і додаткові втрати теплоти слід визначати, підсумовуючи втрати теплоти через окремі огорожувальні конструкції $Q, Вт$, з округленням до 10

$$Q = S \cdot dT / R_{стін}$$

Зал: $Q = 54,8 \cdot 52 / 3,84 = 742,08 Вт$

Житлові кімнати: $Q_{ж} = 17,05 \cdot 52 / 3,84 = 230,88 Вт$

Кухня: $Q = 29,3 \cdot 52 / 3,84 = 396,77 Вт$

Ванна: $Q = 34,25 \cdot 52 / 3,84 = 463,8 Вт$

(формула 3.8.)
$$Q_{общ} = Q_z + 2Q_{ж} + Q_k + Q_v = 2064,41 Вт$$

Згідно плану, в будинку встановлено п'ять вікон площею $6 м^2$ та шість дверей. П'ять площею $1,6$ та одна $3,2 м^2$ Вхідні двері мають полотно з масиву сосни товщиною $0,05 м$ з утеплювачем. Вихід з дому веде відразу на вулицю, тому в розрахунку тепловтрат застосуємо понижуючий коефіцієнт $0,7$.

$$S_{вікон} = 5 \cdot 3,64 = 18,2 м^2$$

Всі вікна виконані з трикамерного профілю ПВХ і мають двокамерні склопакети 4-16-4-16-4 зі звичайним склом (4 - ширина скла, 16 - відстань між стеклами).

Далі розрахуємо теплоопір вікна:

Теплоопір двокамерного склопакета такої конструкції: $R_{ст-а} = 0,4 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

Теплоопір трикамерного профілю ПВХ: $R_{профілю} = 0,6 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$

90% площі вікна займає склопакет і 10% - профіль ПВХ.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 3.9.) $R_{\text{вікна}} = (R_{\text{ст-а}} \cdot 90 + R_{\text{профілю}} \cdot 10) / 100 = (0,4 \cdot 90 + 0,6 \cdot 10) / 100 = 0,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Маючи дані про площі вікон і їх теплового опору, виконуємо розрахунок тепловтрат через вікна:

(формула 3.10.) $Q_{\text{вікон}} = S_{\text{вікон}} \cdot dT / R_{\text{вікна}} = 20 \cdot 52 / 0,42 = 2476,19 \text{ Вт}$.

Розрахунок тепловтрат крізь двері: За паспортом теплопровідність матеріалу вхідних дверей дорівнює $0,14 \text{ Вт} / \text{мК}$.

(формула 3.11.) Тепловий опір двері: $R_{\text{двері}} = B / K = 0,05 \text{ м} / 0,14 \text{ Вт/мК} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$,

Розрахунок тепловтрат через двері виконуємо формулою:

(формула 3.12.) $Q_{\text{двері}} = S \cdot dT / R = 1,6 \cdot 52 / 0,36 = 231,1 \text{ Вт} = 0,231 \text{ кВт}$

$Q_{\text{вхід двері}} = S \cdot dT / R = 3,2 \cdot 52 / 0,36 = 462,2 \text{ Вт} = 0,462 \text{ кВт}$

$Q_{\text{вхід двері с коэф}} = 0,462 \cdot 0,7 = 0,29 \text{ кВт на год}$.

Для розрахунку тепловтрат через підлогу і стелю нам потрібні наступні дані:

За планом розміри будинку 10×20 метрів.

Стельове перекриття - стелі зроблені з дерев'яних щитів, стелі утеплені з боку горищного приміщення мінераловатним утеплювачем товщина шару $0,15$ метра, з пристроєм паро-гідроізоляційного шару. Горищне приміщення не утеплені.

Розрахунок тепловтрат через підлогу: $S_{\text{підлоги}} = 200 \text{ м}^2$

Далі виконуємо розрахунок теплового статі. Оскільки підлоги багат шарові, то розрахуємо теплоопір кожного шару:

(формула 3.13.) $R_{\text{дошок}} = B / K = 0,032 \text{ м} / 0,15 \text{ Вт} / \text{мК} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, де B - товщина матеріалу, K - коефіцієнт теплопороводностью.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{цсм}} = B / K = 0,01 \text{ м} / 0,15 \text{ Вт} / \text{мК} = 0,07 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}$$

$$R_{\text{утепл}} = B / K = 0,05 \text{ м} / 0,039 \text{ Вт} / \text{мК} = 1,28 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}$$

$$\text{Сумарне значення } R_{\text{підлоги}} = 0,21 + 0,07 + 1,28 = 1,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}$$

$$(\text{формула 3.14.}) \quad Q_{\text{підлоги}} = S \cdot dT / R = 200 \cdot 25 / 1,56 = 3205,1 \text{ Вт} = 3,2051 \text{ кВт.}$$

Розрахунок тепловтрат крізь стелю. Площа стелі така ж як і статі S стелі
 $= 200 \text{ м}^2$

При розрахунку теплового опору стелі ми не враховуємо дерев'яні щити, тому що вони не мають щільного з'єднання між собою і не виконують роль утеплювача. Тому тепловий опір стелі:

$$(\text{формула 3.15.}) \quad R_{\text{стелі}} = R_{\text{утеп}} = \text{товщина утеплювача } 0,15 \text{ м} / \text{теплопровідність утеплювача } 0,039 \text{ Вт} / \text{мК} = 3,84 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}$$

$$\text{Виконуємо розрахунок тепловтрат через стелю: (формула 3.16.)} \quad Q_{\text{стелі}} = S \cdot dT / R = 200 \cdot 52 / 3,84 = 2708,3 \text{ Вт} = 2,7083 \text{ кВт}$$

4. Розрахунок теплоприпливів приміщень:

У будівлях, спорудах і приміщеннях з постійним тепловим режимом для підтримки температури на заданому рівні, протягом опалювального періоду, зіставляють тепловтрати і теплопоступлення в розрахунковому сталому режимі.

У приміщенні, в якому підтримується постійний (стаціонарний, не змінний у часу укладання) тепловий режим, повинен дотримуватися тепловий баланс (це впливає з закону збереження теплоти):

$$(\text{формула 4.1.}) \quad \sum Q = 0 \text{ або } Q_{\text{пост}} - Q_{\text{пот}} = 0 \text{ або } Q_{\text{изб}} = 0.$$

Навіть якби в приміщенні не було систем забезпечення мікроклімату, тобто систем опалення і вентиляції, баланс тепла все одно б дотримувався, просто баланс існував би при температурах внутрішнього повітря, неприйнятних для

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

людини. Наявність систем опалення і вентиляції дозволяє забезпечити тепловий баланс при необхідній температурі внутрішнього повітря. Таким чином, якщо при розрахунковій температурі внутрішнього повітря баланс не блюдається, тобто мають місце надлишки або недоліки теплоти, система вентиляції повинна скорегувати баланс, ввівши в приміщення точно таку ж кількість теплоти, але з протидії положною знаком:

(формула 4.2.)
$$Q_{\text{вс}} = Q_{\text{изб}}$$

Таким чином, для визначення розрахункової теплової (холодильної або опалювальної) спо можності системи слід провести розрахунок надлишків теплоти в приміщенні шляхом суммірова ня всіх теплопоступлень і тепловтрат з урахуванням знака (тепловтрати враховуються зі знаком "Мінус"). Відзначимо, що терміни теплопоступлень і тепловтрати відображають лише напрямки потоків теплоти: теплопоступлення - це потік теплоти всередину приміщення, а тепловтрати - по ток теплоти з приміщень.

З огляду на наявність знаку "мінус" перед значенням теплових втрат, результат підсумовування

теплопоступлень і тепловтрат може виявитися як позитивним, так і негативним. В

першому випадку говорять про надлишки теплоти в приміщенні, а в другому випадку - про недоліки

теплоти. Два терміна знову-таки використовуються виключно заради того, щоб не згадувати

весь час дійсний знак результату обчислень.

Таблиця теплового балансу складається для трьох періодів року за формою, наведеною в

Наприкінці даного розділу.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо в приміщенні виділяється волога, що зазвичай і буває в громадських будівлях (волога

надходить від людей), то надлишки і недоліки теплоти в приміщенні підраховуються окремо для явного і для повного тепла.

Для громадських будівель характерна наявність водяної системи опалення з місцевими нагрівальними приладами. Така система є постійно діючою і працює цілу добу, на відміну від систем чергового опалення промислових будівель, які можуть вимикатися тися в робочий час (в першу чергу це стосується систем повітряного опалення). Тепло виття же баланс для промислової будівлі зазвичай складається без урахування теплопоступлень від опалення, так як питання про вибір типу системи опалення і її режиму роботи вирішується пізніше.

Результати розрахунку теплового балансу використовуються для розрахунку повітрообміну по тепло вим надлишку.

У виробничих приміщеннях теплопоступлення від обладнання розраховуються при їх мінімальному напрузі. У житлових будинках враховуються побутові теплопоступлення і тепло надходження від сонячної радіації. Теплова напруженість опалювальних установок помеще ня $Q_{оп}$ для компенсації дефіциту тепла дорівнює:

(формула 4.3.)
$$Q_{оп} = Q_{пост} - Q_{пот}$$

Де: $Q_{пост}$ і $Q_{пот}$ - теплопоступлення і тепловтрати в приміщенні в заданий проміжок часу.

У виробничих приміщеннях тепловтрати можуть бути менше теплопоступлень і в цьому випадку система опалення не передбачається.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У теплий період року, коли відсутні тепловтрати, тепловий баланс складається тільки з теплопоступлень. Теплопоступлення від сонячної радіації враховуються в тепловому балансі цілий рік.

У перехідний період року - тепловтрати і теплопоступлення перераховуються на зовнішню температуру повітря $+8^{\circ}\text{C}$, а теплопоступлення від сонячної радіації приймаються в розмірі 50% від теплопоступлень для теплого періоду року.

4.1. Зовнішні теплоприпливи

Теплота ($Q_{\text{вікон}}$) від сонячної радіації, через віконні прорізи, залежить від площі вікон, їх орієнтації по сторонах світу і наявності сонцезахисних пристроїв. В холодний період року теплоприток від сонячної радіації не враховується.

(формула 4.4.)
$$Q_{\text{вікон}} = S_{\text{вікон}} \cdot q_{\text{вікон}} \cdot k, \text{ Вт.}$$

Де: $S_{\text{вікон}}$ - площа вікна м^2 , $Q_{\text{вікон}}$ - питомі теплопритоки через вікна, величина яких залежить від орієнтації по сторонах світу, $\text{Вт} / \text{м}^2$; k - понижуючий коефіцієнт, що залежить від типу сонцезахисного пристосування.

Для залу: $Q_{\text{вікон}} = 4 \cdot 50 \cdot 1,15 = 230 \text{ Вт}$

Для першої житлової кімнати: $Q_{\text{вікон}} = 4 \cdot 365 \cdot 1,15 = 1679 \text{ Вт}$

Для другої житлової кімнати: $Q_{\text{вікон}} = 4 \cdot 35 \cdot 1,15 = 161 \text{ Вт}$

Для кухні: $Q_{\text{вікон}} = 4 \cdot 365 \cdot 1,15 = 1679 \text{ Вт}$

Теплопритоки від сонячної радіації складаються з теплопритоками крізь масивні огороження (стіни, покрівлі, покриття) $Q_{\text{огр.сі}}$ теплопритоків через світлові покриття $Q_{\text{огр.с.п.}}$. Теплопритокот сонячної радіації для масивного огорож розраховується за формулою:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 4.5.)

$$Q_{\text{огр.с}} = k \cdot F \cdot \Delta t_c$$

Де: k - понижуючий коефіцієнт, що залежить від типу сонцезахисного пристосування; F - площа огороження; Δt_c - надлишкова різниця температур від сонячної радіації.

Для даху: $Q_{\text{огр.с}} = 0,9 \cdot 200 \cdot 17,7 = 3186 \text{ Вт}$

Для стін з півночі: $Q_{\text{огр.с}} = 3,84 \cdot 35 \cdot 0 = 0$

Для стін з заходу: $Q_{\text{огр.с}} = 3,84 \cdot 33,75 \cdot 7,2 = 933,12 \text{ Вт}$

Для стін зі сходу: $Q_{\text{огр.с}} = 3,84 \cdot 33,75 \cdot 6,0 = 777,6 \text{ Вт}$

Для стін з півдня: $Q_{\text{огр.с}} = 3,84 \cdot 35 \cdot 6,0 = 806,4 \text{ Вт}$

Для розрахунку теплопритоків від сонячної радіації необхідно вводити поправочні коефіцієнти на орієнтацію будівлі по сторонам світа. Вибір кольору зовнішніх стін є важливим фактором уменшення і ліусілення теплопритоків. У розрахунках враховується певний коефіцієнт поглинаючості тепла, який може досягати 0,9 для стіни темного кольору. Чим більше масивність стіни (вага стіни на квадратний метр площі), тим теплові навантаження нижче за величиною і змінюються протягом тривалого часу. У той же час дуже легка стіна майже відразу передає отримане від сонячного випромінювання тепло в приміщення. Облік цих властивостей дуже важливий при розрахунку теплових навантажень в приміщенні. Теплоприток від сонячної радіації враховувати-ється для літнього і перехідного періодів, починаючи від зовнішніх температур плюс 10°C і вище

Теплота $Q_{\text{огр}}$ від огорожувальних конструкцій (зовнішніх і внутрішніх стін, даху, стелі та підлоги) залежить від площі огорожувальних конструкцій, їх типу і конструкції.

(формула 4.6.)

$$Q_{\text{огр}} = S_{\text{ок}} \cdot dT / r,$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $S_{ок}$ - площа даної стіни/покрівлі (m^2), dT - різниця зовнішньої та внутрішньої температури ($^{\circ}C$), r - термічний опір огорожувальної конструкції ($^{\circ}C \cdot m^2 / W$).

Для стін: $Q_{огр} = 700 \cdot 5 / 3,84 = 911,45 W$

Для даху: $Q_{огр} = 200 \cdot 5 / 2,7 = 370,37 W$.

Теплота $Q_{інф}$ від інфільтрації, тобто від проникнення теплого зовнішнього повітря в приміщення при відкритті дверей, залежить від кількості дверей і площі приміщення.

(формула 4.7.) $Q_{інф} = f_{прим} \cdot q_{інф} (W),$

Де: $f_{прим}$ - площа приміщення (m^2), $q_{інф}$ - питомі теплопритоки з інфільтрацією (W / m^2).

Для залу: $Q_{інф} = 50 \cdot 1 = 50 W$

Для інших приміщень: $Q_{інф} = 26,25 \cdot 1 = 26,25 W$

Для коридору: $Q_{інф} = 45 \cdot 6 = 270 W$

4.2. Розрахунок внутрішніх теплоприпливів:

Теплота від людей ($Q_{люд}$), залежить від кількості людей, характеру їх роботи та відповідних питомих тепловиділень.

(формула 4.8.) $Q_{люд} = n \cdot q_{люд} (W),$

Де: n - кількість людей, $q_{люд}$ - питомі тепловиділення однієї людини ($W / чол$). Беремо «легка робота»

$Q_{люд} = 3 \cdot 130 = 390 W$.

4.3. Розрахунок загальних теплоприпливів:

Для визначення необхідної холодопродуктивності установки виконується калоричний розрахунок, тобто визначаються всі зовнішні та внутрішні

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припливи теплоти у приміщення, що охолоджуються, та у холодильну систему в цілому. У загальному випадку:

$$(формула 4.9.) \quad Q_{заг} = Q_{вікон} + Q_{огр.с} + Q_{огр} + Q_{инф} + Q_{люд} = (1679+1679+161+230) + (3186+933,12+777,6+806,4) + (911,45+370,37) + (50+105+2700)+390=13978,94Вт$$

Сумарні теплоприпливи, що повинні бути компенсовані холодопродуктивністю холодильних машин. $Q_{заг}$, є змінними у часі та залежать від кліматичних і технологічних умов.

5. Розрахунок та підбір систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання:

В якості джерела теплової енергії повинні прийматися автоматизовані тепло генератори повної заводської готовності з температурою теплоносія - води до 115 ° С і тиском теплоносія до 1,0 МПа вітчизняного або зарубіжного виробництва, які мають дозвіл на їх застосування в установленому порядку. В якості палива для котлів приймають - кам'яне вугілля або біомасу відповідно до технічною документацією на котли, природний газ по ГОСТ 5542-87, пічне побутове паливо(ТУ 38-101656-76), освітлювальний гас (ГОСТ 4753-68 зі змінами).

Котли, що працюють на газоподібному або рідкому паливі, повинні в обов'язковому порядку бути обладнані автоматикою безпеки і регулювання.

Підтримка температурного режиму в цих котлах повинно забезпечувати зміна температури води, що надходить в систему опалення, в залежності від поточної температури зовнішнього повітря і температури внутрішнього повітря у визначальних опалювальних приміщеннях будівлі.

При відсутності автоматизації температурного режиму в конструкції котлів на твердому паливі ця автоматика повинна, як правило, передбачати безпосередньо в системах опалення при їх проектуванні.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміщення теплогенеруючих агрегатів передбачається:

- на кухні при потужності котла до 60 кВт незалежно від наявності газової плити і газового водонагрівача;
- в окремому приміщенні на будь-якому поверсі (в тому числі підвальному або цокольному) при їх сумарної потужності для систем опалення та гарячого водопостачання до 150 кВт;
- в окремому приміщенні першого чи цокольного поверху, а також в приміщенні, прибудованому до житлового будинку, при їх сумарної потужності для системи опалення та гарячого водоснабження до 500 кВт.

При розміщенні теплових агрегатів сумарною потужністю до 150 кВт в окремому приміщенні, розташованому на будь-якому поверсі житлової будівлі, приміщення має відповідати наступним вимогам:

- висота не менше 2,5 м;
- обсяг і площа приміщення з умов зручного обслуговування теплових агрегатів і встановлюваного обладнання, але не менше 15 м³;
- Приміщення повинне бути відокремлене від суміжних приміщень огорожувальними стінами з пределом вогнестійкості 0,75 год, а межа поширення вогню по конструкції дорівнює нулю;
- природне освітлення з розрахунку заскління 0,03 м² на 1 м³ приміщення;
- в приміщенні повинна передбачатися вентиляція з розрахунку: витяжка в обсягу 3-кратного повітря приміщення за годину, приплив в об'ємі витяжки плюс кількість повітря на горіння газу (при заборі повітря на горіння з приміщення);
- обсяг і площа приміщення з умов зручного обслуговування теплових агрегатів і встановлюваного обладнання.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розміщенні теплових агрегатів сумарною тепловою потужністю до 500 кВт в прибудовах ке до житлових будинків приміщення прибудови повинно відповідати наступним вимогам:

- прибудова повинна розміщуватися біля глухої частини стіни будинку з відстанню по горизонталі від віконних і дверних отворів не менше 1 м;
- стіна прибудови не повинна бути пов'язана зі стіною житлового будинку;
- огорожувальні стіни і конструкції прибудови повинні мати межу вогнестійкості 0,75 год, а межа поширення вогню по конструкціях дорівнює нулю;
- висота - не менше 2,5 м;
- обсяг і площа приміщення - з умов зручного обслуговування теплогенераторів і вспо могательного обладнання;
- природне освітлення - з розрахунку скління 0,03 м² на 1 м³ об'єму приміщення;
- в приміщенні повинна передбачатися вентиляція з розрахунку: витяжка в обсязі 3-крат ного повітря приміщення за годину, приплив в об'ємі витяжки плюс кількість повітря на горіння газу (при заборі повітря на горіння з приміщення);
- вона повинна мати сигналізацію загазованості.

Димарі від котлів повинні виконуватися відповідно до вимог СНиП 2.04.05.

Димарі можуть виконуватися в межах будинку або бути прибудовані з зовнішньої сторони будівлі.

Приєднання котлів до димоходів здійснюється трубами, виготовленими з покрівельної сталі товщиною не менше 1 мм, або уніфікованими елементами, що поставляються в комплекті з котлом. Конструкції димоходів також

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть бути промислового виготовлення і поставляти ся в комплекті з котлом. Димарі, прокладені зовні будівлі, повинні бути теплоізовані по всій довжині.

5.1. Розрахунок теплої підлоги:

Водяна тепла підлога являє собою систему з'єднаних між собою труб, які потім підключаються до колектора. В якості витратних матеріалів беруть гофровані, мідні (дуже дорогі) або металопластикові вироби. Тип труб повинен враховуватися використовуваних вами калькулятором теплої підлоги, адже матеріал їх виробництва не тільки впливає на вартість монтажу системи, але і на теплові характеристики. Але для розрахунку витрати труб для теплої водяної підлоги на квадратний метр тільки типу витратних матеріалів недостатньо.

Потрібно знати: 1) Площу, на якій буде виконуватися укладання системи, її називають корисною. Розраховується вона дуже просто. Потрібно із загальної площі приміщення відняти ту площу, яку будуть займати стаціонарні предмети меблів — кухня, диван або ліжко з коробами, шафи і т. д. Щоб було простіше виконати розрахунок труби для теплої підлоги без калькулятора, експерти пропонують зробити графічний креслення. План приміщення, де буде виконано укладання, або всієї квартири з розміткою корисних площ. Тепер провести розрахунок водяних теплих підлог по площі буде не складно — потрібно скласти всі корисні площі.

Для залу: $S_{\text{корисна}} = 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ м}^2$

Для інших кімнат: $S_{\text{корисна}} = 26,25 \cdot 0,8 = 23,625 = 21 \text{ м}^2$

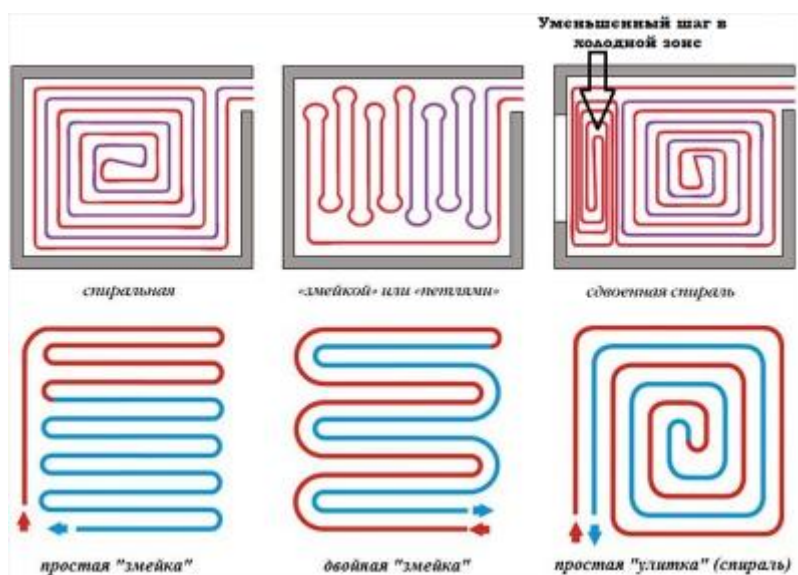
Для коридору: $S_{\text{корисна}} = 45 \cdot 0,6 = 27 \text{ м}^2$

2) Тип укладання труб.

Існує кілька варіантів: «змійка», «равлик», «подвійна змійка» і «кутова равлик». Форми монтажу труб можна комбінувати.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай «змійку» вибирають при організації допоміжної системи обігріву незначних за площею приміщень. Також має сенс поцікавитися, як розрахувати довжину труби для теплої підлоги з урахуванням укладання «змійка» та власникам приватних будинків з якісним зовнішнім утепленням. В кімнатах з незначними втратами тепла цей спосіб монтажу труб буде ефективним. Справа в тому, що він передбачає розміщення виробу по синусоїді з протягуванням уздовж стін. Тому у великих кімнатах (довжина труби понад 65 м) температура поверхні може сильно коливатися — понад 90С. Цей недолік злегка усуває «подвійна змійка». Тому потрібно використовувати розрахунок, котрий враховує корисну площу і тип монтажу труб.



В об'ємних просторах стандартної геометрії (без дизайнерських надмірностей) — прямокутник, квадрат, коло — зручніше застосовувати тип укладки «равлик», його ще називають «спіраль». Він передбачає фіксацію труби вздовж стін з подальшим вигином на 900 і закручуванням. Метод дозволяє ефективно чергувати труби «подачі» і «обратки». Його застосування не тільки спрощує розрахунок труби для теплої підлоги на 1 м2, але і дозволяє організувати рівномірний прогрів поверхні.

Для всіх кімнат,окрім коридору обираємо тип «равлик». Для коридору
обтраємо подвійну «змійку».

3)Крок укладання.

Крок — відстань між сусідніми виробами. Він не повинен перевищувати позначку в 30 див. Таке обмеження пов'язане з неефективністю роботи теплої підлоги. При ходьбі по ньому ступні людини не повинні відчувати перепад температур. При монтажі труб з кроком понад 33 см такий ефект буде дуже помітним. Будь онлайн калькулятор труби теплої підлоги враховує цей параметр.

Є обмеження і для граничних зон. Тут труби розміщуються з кроком 10 див. В інших зона параметр збільшують на 5 см (зазвичай). Тобто 15, 20 і 25 див. Чим більший крок, тим менш тепло в приміщенні і тим менший обсяг витратних матеріалів буде потрібно. Тому якщо ви не знаєте, як розрахувати довжину труби для теплої водяної підлоги, згадайте про призначення опалювальної площі та особистих вимогах комфорту. Якщо це спальня при поганому центральному опаленні, тоді 10-15 см. Якщо коридор, 20-25 см. Але прибавка 5 см не категорична. Крок може бути і 17.5 см, 11.5 див. Його зручніше розрахувати по площі і призначенню кімнати, враховуючи тепловіддачу теплої підлоги, яку по наведеній вище таблиці можна подивитися.

Для всіх кімнат,окрім коридору та залу беремо крок 10 см. Для коридору 25 см.

Обчисливши перераховані в списку параметри, можемо знайти довжину труби теплої водяної підлоги. Все, що потрібно зробити підставити дані в наступну формулу:

(формула 5.1)
$$L = S / N \cdot 1,1$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: L - шукана довжина труби, S - корисна площа, N - крок укладання труб.
Сантиметровий крок обов'язково переводимо в метри.

У цій формулі коефіцієнт 1.1 компенсує витрату труб на поворотах.
Наприклад, площа обігріву дорівнює 24 м², а крок — 15 див. Підраховуємо витрати труби для теплої підлоги.

Для залу: $L = 40 / 0,1 \cdot 1,1 = 440 \text{ м}$

Для коридору: $L = 27 / 0,25 \cdot 1,1 = 118,8 \text{ м}$

Для інших кімнат: $L = 21 / 0,1 \cdot 1,1 = 231 \text{ м}$

Отриманий результат не буде остаточним у розрахунках довжини труби для теплої підлоги, бо формула не враховує значення довжини витратних матеріалів від колектора до контуру (обратку і подачу). Щоб правильно розрахувати останній параметр на схемі позначають місця розміщення функціональних вузлів системи. Далі вимірюють рулеткою відстань. Нескладно підрахувати і кількість труби для теплої підлоги на 1 м² без калькулятора, використовуючи ту саму формулу.

Прораховуючи, скільки метрів труби треба на 1 квадратний метр теплої підлоги, не варто випускати з уваги і діаметр витратних виробів. Якщо вибрано невірно, то швидкість подачі і обратки теплоносія буде занадто повільна або занадто швидка, що призведе до великих втрат тепла і неефективної експлуатації системи. Тому визначившись з тим, як розрахувати, скільки метрів труби треба на теплу підлогу, підраховуємо ефективний діаметр виробів за формулою:

(формула 5.2)
$$D = 18 \cdot (p/L \cdot 2G) - 0.19$$

Де: p — заявлений в технічній документації тиск насоса для системи; L — довжина труби, розрахована за формулою вище; G — витрата теплоносія, який необхідний для циркуляції по контуру.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D=18 \cdot (15/(118,8+924+440) \cdot 2 \cdot 33,5)-0.19=12,009\text{мм}$$

Підраховавши, скільки потрібно труби для теплої підлоги на 1 м², можна, використовуючи таблицю нижче, швидко визначитися з кроком і діаметром витратних матеріалів. Але варто враховувати, що ці параметри прораховані для певного кроку укладання.

Щоб створити в кожному конкретному приміщенні комфортні умови, необхідно визначити «потреба» тепла. Вона розраховується в кіловатах. При цьому розрахунок водяних теплих підлог проводять по площі без калькулятора і складних обчислень. Враховують, що:

1м³ об'єму простору потребує 40 Ватт теплоти;

Кожне вікно в приміщенні додає до 100 Ватт, а двері 200 Ватт (вхідна);

Перші і останні поверхи збільшують витрату тепла на теплу підлогу на 1.2-1.4 (коефіцієнти компенсації).

Шляхом нескладних обчислень експерти підраховали, що при розкладці труб з кроком 25 см кожен 1 м² системи генерує 82 Вата тепла. Тепер знаючи, скільки труби треба на 1м² підлоги, можна варіювати величину кроку, щоб досягти оптимальних умов. Тобто при дистанції між витками в 15 см отримують 101 Вт, 10 см — відповідно, 117 Ват.

При організації водяних теплих підлог важливо визначитися з максимальною довжиною одного контуру в системі. Цей пункт у розрахунках довжини труби для теплої підлоги дуже важливий для великих просторів.

Перевищення максимального параметра загрожує створенням ефекту «великій петлі». Ситуація, коли циркуляція теплоносія через контур неможлива навіть при установці дуже потужного насоса. У розрахунку цього параметра тепловіддача теплої водяної підлоги на м² не бере участь. Потрібні значення довжини витратних виробів і їх діаметр.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Експерти прорахували, щоб уникнути ефекту «великій петлі», потрібно уникати втрат тиску понад 20 кПа. Щоб не приводити громіздкі формули, озвучимо прораховані фахівцями довжини труб теплої підлоги різного типу:

Металопластикові — при діаметрі в 16 мм довжина контуру не повинна перевищувати 100 м. Експерти, провівши розрахунок довжини теплої підлоги в контурі, визначили, що оптимальним значенням буде 80-85 м. При 20 мм діаметрі максимальне значення 125 м;

Поліетиленові — при діаметрі 18 -20 мм максимальна довжина не повинна перевищувати 120 м. Виконуючи розрахунок 16 мм труби на теплу підлогу, експерти прийшли до висновку, що максимальна довжина не більше 85-90 м.

Беремо металопластикові труби діаметром 16мм

5.1.1. Тепловий розрахунок водяної теплої підлоги:

Розрахунок тепла теплої підлоги виробляють з урахуванням тепловтрат через огорожувальні конструкції і корисної площі кімнат. Помилки в розрахунках впливають на роботу системи, збільшують енерговитрати і витрати на утримання будинку. Похибки обумовлені застосуванням укрупнених показників. Ефективність утеплення і герметичність конструкцій (фундамент, несучі стіни, перекриття, покрівля, склопакети, входні двері) гарантує економну витрату енергоресурсів в системі водяного теплої підлоги.

низьконапірний нагрівальний контур здатний оптимізувати радіаторне опалення або забезпечити рівноцінний обігрів будинку і знизити енерговитрати.

Нагрівальний елемент і теплоносій є конструктивними особливостями, за якими розрізняють водяний і електричний тепла підлога. Розрахувати потужність електричного теплового статі можна за допомогою онлайн-калькуляторів, які розміщуються на профільних сервісах в інтернеті. У цій

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

статті ми більш детально розглянемо призначення і розрахунок потужності водяних теплих підлог.

Рекомендована питома потужність водяної, теплої підлоги на одиницю площі, для будинків збудованих після 1996 року дорівнює 50/80Вт. Для житлових кімнат великої площі беремо 150Вт.

Тепло Q (Вт), яке виробляє 1 квадратний метр низьконапірного підводу води становить сумарний потік променевої ($\approx 4,9$ Вт / m^2) і конвективного ($\approx 6,1$ Вт / m^2) енергії:

$$(формула 5.3) \quad Q = [\alpha_{\text{л}} \cdot (t_{\text{підлоги}} - t_{\text{ок}}) + \alpha_{\text{к}} \cdot (t_{\text{підлоги}} - t_{\text{повітря}})] \cdot S, \text{ (Вт)},$$

Де: $\alpha_{\text{л}}$ і $\alpha_{\text{к}}$ - променистий і конвективний потоки енергії, Вт / m^2 ; $t_{\text{підлоги}}$ - температура підлогового покриття, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{ок}}$ - температура стін і стелі, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{повітря}}$ - температура в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$; S - корисна площа контуру, m^2 .

Санітарні норми визначають комфортний (26°C) і допустиму межу температур для ступні людини:

28°C в житлових кімнатах для постійного перебування;

35°C по периметру несучих стін житлового будинку;

33°C для кухонних приміщень, ванн і санітарних кімнат

Для залу: $Q = [4,9 \cdot (28-35) + 6,1 \cdot (28-26)] \cdot 40 = 453,7 \text{ Вт}$.

Для коридору: $Q = [4,9 \cdot (28-20) + 6,1 \cdot (28-26)] \cdot 27 = 386,3 \text{ Вт}$.

Для інших кімнат: $Q = [4,9 \cdot (28-35) + 6,1 \cdot (28-26)] \cdot 21 = 221,9 \text{ Вт}$.

Ідеальні умови, при яких тепловіддача підводу води на одному квадратному метрі теплої підлоги, для нагріву повітря в кімнаті на 1°C становить 11 Вт / m^2 . Чим вище температура в приміщенні, тим швидше прогріється кімната і менше витрата енергії теплоносія. Система теплих підлог краща для того,

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

щоб опалювати житлові утеплені будинки, з постійним проживанням.
Середнє допустиме значення тепловтрат 65 Вт / м².

Для розрахунку тепловіддачі теплої підлоги існують спеціальні програми, які можна знайти на ресурсах в мережі. Для прояснення питання пропонуємо ознайомитися з відео «Розрахунок тепловіддачі теплої підлоги».

Температура теплоносія

Температура теплоносія в контурі залежить від теплового навантаження, кроку укладання, діаметра труб, товщини стяжки і матеріалу підлогового покриття. Мінімальні температурні значення в контурі приймають для паркетної дошки і дрібноштучних виробів з дерева. Кахельна, метлахська, керамічна плитка, керамограніт, мармур витримують максимально дозовану температуру теплоносія (55 ° С). Низьконапірні схеми опалення, які застосовують на практиці, мають робочий діапазон - 45/35 ° С.

Підлогові покриття

Види фінішного підлогового покриття для теплої підлоги: наливна поверхню, лінолеум, ламінат або паркет, кахель, керамічна і метлахская плитка, мармур, граніт, базальт і керамограніт.

Дерев'яному підлогового покриття протипоказана постійна вологість в приміщенні, тому його не використовують у ванних кімнатах з теплою підлогою.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Табл.5.1)

Матеріал	Товщина слою м.	Густина м ³	Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м °С)
Лінолеум утеплений	0,007	1600	0,29
Плитка кахельна	0,015	1800 ÷ 2400	1,05
Ламінат	0,008	850	0,1
Паркетна дошка	0,015 ÷ 0,025	680	0,15
Утеплювач(урса)	0,18	200	0,041
Цементно-пісчана стяжка	0,02	1800	0,76
Залізобетонна плита	0,2	2500	1,92

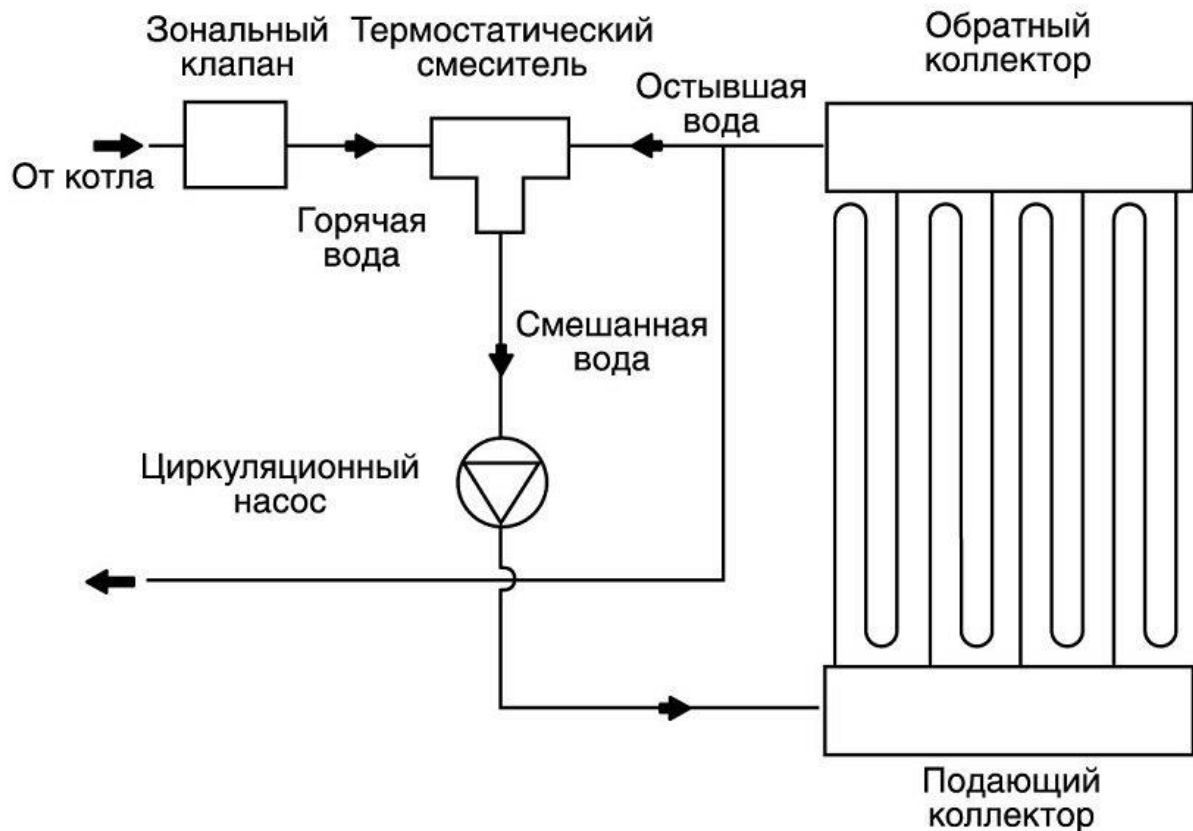
Беремо: для ванни – плитка кахельна, для кухні – кахельна плитка, для коридору – лінолеум утеплений, для залу – паркетна дошка, для житлових кімнат – паркетна дошка.

Насосне обладнання в розрахунках теплої підлоги

Зниження температури теплоносія дозволяє досягти ефективної роботи циркуляційних насосів.

Нагрівальний контур теплих підлог розташований горизонтальній площині і охоплює більшу площу. Сила, яку циркуляційний насос надає потоку, витрачається на подолання лінійних і місцевих опорів. Розрахунок насоса для теплої підлоги залежить від діаметра, шорсткості труби, фітингів і довжини контуру.

(малюнок 5.1)



Основний параметр розрахунку - продуктивність насоса в низьконапірний контурі:

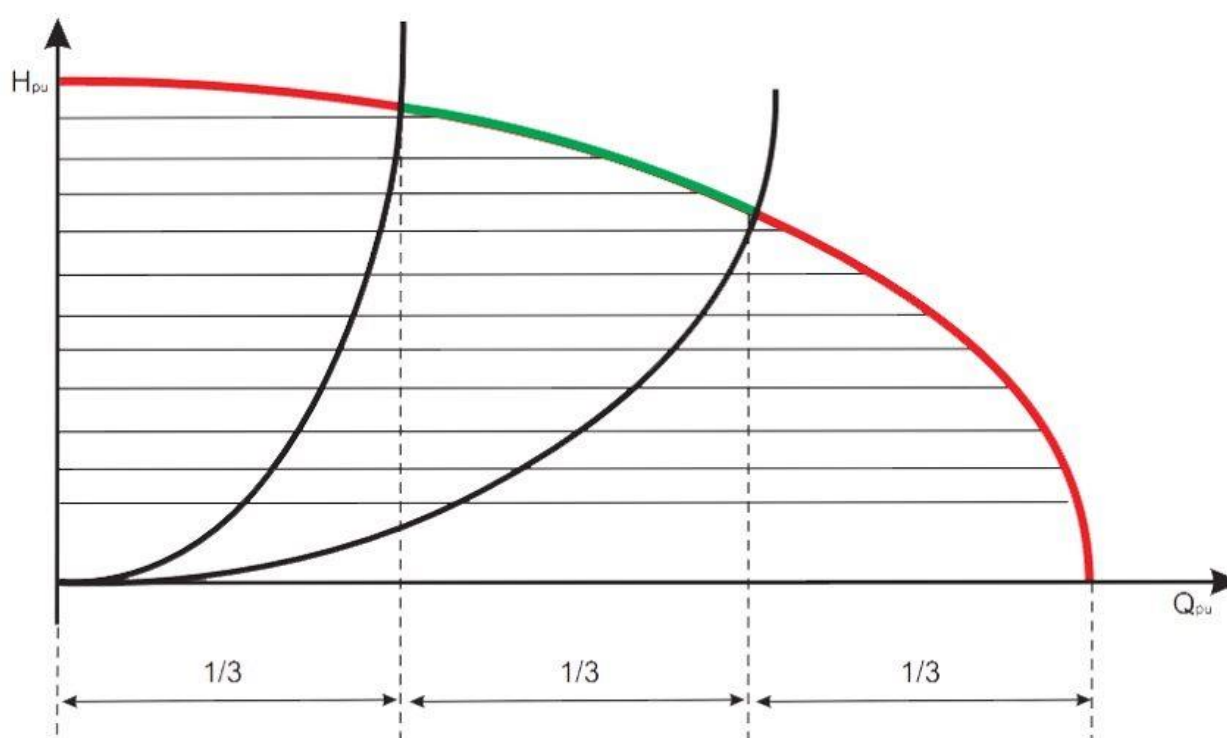
(формула 5.4)
$$H = (\Pi \cdot L + \Sigma K) / 1000,$$

Де: H - напір циркуляційного насоса, м; Π - гідравлічна втрата на погонному метрі довжини (паспортні дані від виробника), паскаль / метр; L - максимальна протяжність труб в контурі, м; K - коефіцієнт запасу потужності на місцеві опори.

(формула 5.5)
$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3,$$

Де: K_1 - опір на перехідниках і трійниках, з'єднаннях (1,2); K_2 - опір на запірній арматурі (1,2); K_3 - опір на змішувальному вузлі в системі опалення (1,3).

(малюнок 5.2.)



$$K = 1,2 + 1,2 + 1,3 = 3,7.$$

$$H = (619623 \cdot 1482,8 + 3,7) / 1000 = 918776,98 = 918777 \text{ м}$$

Ступінь продуктивності, якою володіє циркуляційний насос, визначають за формулою:

(формула 5.6.)
$$G = Q / (1,16 \cdot \Delta t),$$

Де: Q - теплове навантаження системи опалення (Вт); 1,16 - питома теплоємність води (Втч / кгс); Δt - знімання в системі (для низьконапірних контурів $5 \div 10$ °C).

$$G = 1727,6 / (1,16 \cdot 0,5) = 2978,6 \text{ м}^3/\text{час}$$

(Табл. 5.2.)

Площа підлоги, м ²	Продуктивність циркуляційного насоса для теплої підлоги, м ³ / год
80 ÷ 120	1,5
120 ÷ 160	2,0
160 ÷ 200	2,5
200 ÷ 240	3,0
240 ÷ 280	4,0

5.2.Розрахунок та підбір фанкойлів:

Фанкойли – це внутрішні блоки системи промислового кондиціонування «чиллер-фанкойл». Її принцип простий: по трубах передає в теплообмінник фанкойла охолоджену воду, а вентилятор фанкойла створює повітряний потік, який переносить прохолоду від води в приміщення. Система «чиллер-фанкойл» здатна працювати і на обігрів повітря, причому фанкойли можуть одночасно кондиціонувати одні приміщення і обігрівати інші. Потрібна температура задається з пульта дистанційного керування (ПДК). Цікава історія пов'язана з альтернативною назвою фанкойла – «вентиляторний доводчик». За ГОСТом від 1976 року одну з задач фанкойлів – змішувати свіжий і рециркуляційний повітря. Саме процес «доведення» повітря і відображений в назві «вентиляторний доводчик». На ділі фанкойли майже завжди застосовуються окремо від, хоча функція «доводити» повітря до потрібної температури залишилася.

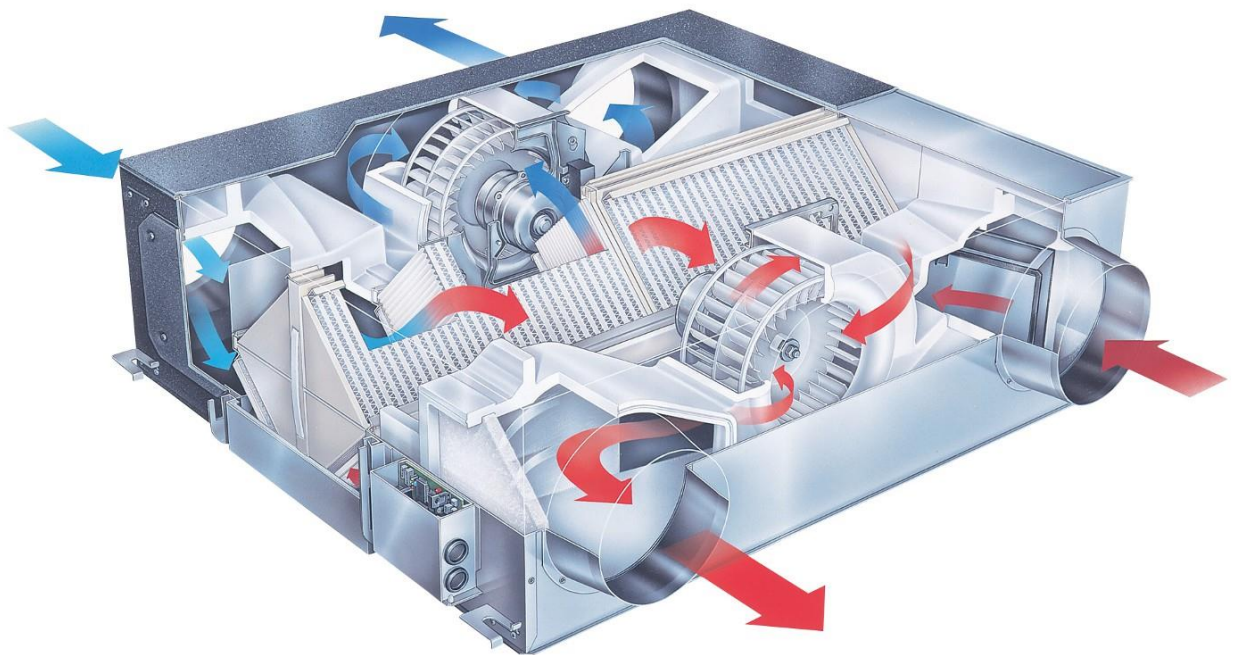
Фанкойли класифікуються за місцем розміщення і бувають настінні, касетні, каналні, підлогові і стельові. Безкорпусні фанкойли монтують за підвісними

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

стелями і декоративними панелями. Ще фанкойли класифікуються на вертикальні і горизонтальні. Розрізняють двотрубні (тільки для охолодження) і Чотирьохтрубна фанкойли (охолодження і нагрівання повітря).

Чотирьохтрубна система фанкойлів дозволяє використовувати одні вентиляторні доводчики на обігрів, а інші на холод одночасно. Взимку вони можуть працювати як радіатори центрального опалення. Відповідно, вище і ціна фанкойлів чотиритрубних. Джерелом холоду в системі є – велика холодильна машина, яка стоїть на даху, горищі або в спеціально відведеному приміщенні. Поруч з чиллером розташована насосна група, нагнітає при заданому напорі рідина-холодоноситель в систему кондиціонування з фанкойлами.

(малюнок 5.3.)



Фанкойли класифікуються за багатьма параметрами начебто потужності, розмірів, схеми підключення і т.д. До основних характеристик фан койлів відноситься холодопродуктивність і обсяг повітряного потоку. Важливий також тип фанкойла: настінний, касетний, каналний, підлоговий або

стельовий.Офісні приміщення (7 кімнат) загальною площею 150 м², висота приміщення $h = 3$ м, стелю підшивання типу «Armstrong» – тільки в коридорі. У приміщеннях є можливість природного провітрювання (шляхом відкривання-закривання вікон (див. Планування приміщень на рис. 1).Фасад будівлі виходить на центральну вулицю, і установка на фасаді зовнішніх блоків спліт-систем забороняється.Для створення комфортних умов в офісах в даному випадку найоптимальнішим рішенням кондиціонування повітря є система «чиллер-фанкойли». (Холодильна машина) встановлюється на даху будівлі, фанкойли (доводчики) встановлюються під стелею кожного приміщення.Для забезпечення системи гарячою водою (45-40 ° С) не тільки в літній, а й в перехідний період часу, коли ще не функціонує система опалення, зупинимо свій вибір на чиллере з «тепловим насосом» типу WRAN фірми CLIVET. Такий режим роботи «тепло-холод» можливий за рахунок використання реверсивного холодильного контуру (теплового насоса) з ізі сплаву «Peraluman», придатного для роботи поза приміщенням.Блок WRAN оснащений мікропроцесорною системою управління, яка дозволяє налаштовувати, регулювати і оптимізувати всі функції. Пульт дистанційного керування, що підключається до мікропроцесора, дозволяє здійснювати всі настройки і контролювати функціонування чилера на відстані.Внутрішні блоки (фанкойли) і зовнішній блок (чиллер) з'єднані між собою сталеві водогазопровідні, які необхідно заізолювати, щоб уникнути випадання конденсату на стінках труб, коли по ним буде циркулювати з параметрами $t_{\text{подающ.}} = 7^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{обрат.}} = 12^{\circ}\text{C}$ (при роботі системи в режимі охолодження). Кожен фанкойл має піддон для збору, від якого відводиться дренажний трубопровід. Всі дренажні трубопроводи з'єднані загальним колектором і підключені до існуючої системи каналізації. Всі комунікації прокладаються по коридору в зоні стелі підшивання. Для прокладки дренажного трубопроводу необхідно забезпечити ухил 10 мм на 1 м довжинивисокою енергетичною ефективністю.Зовнішній корпус чилера виготовлений.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Приміщення	Об'єм м ³	Кількіст ь людей	Кількість техніки	Теплозбитки кВт	Обладнання та його характеристика
Зал	179	3	3	7,2	Thermocold-ТНМ холод- 2кВт. Тепло-8кВт
Перша кімната	92	2	3	3,64	FC50 холод — 3.64 кВт. тепло — 4.27кВт
Друга кімната	92	1	4	3,65	FC50 холод — 3.64 кВт. тепло — 4.27 кВт
Кухня	92	3	4	3,65	FC50 холод — 3.64 кВт. тепло — 4.27 кВт
Ванна	92	3	4	3,65	FC50 холод — 3.64 кВт. тепло — 4.27 кВт
Коридор	157,5	3	2	7,04	Thermocold- ТНМ холод- 2кВт. Тепло- 8кВт

(Табл.5.3.)

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Табл 5.4.)

№ ділянки	Q1, кВт	Q2, ккал / год	G1, кг / год	G2, л / с	Ø, мм	R, мм в. ст.	I, м	R x I, мм в. ст.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1)	19.6	16897	3379	0.94	32	77	5	385
2)	18.09	15595	3119	0.87	32	73	3	219
3)	14.43	12457	2491	0.69	32	47.5	6	285
4)	10.81	93119	1864	0.52	32	29	7	203
5)	7.17	6181	1236	0.34	25	56	5	280
6)	3.53	3043	609	0.17	20	63	7	455

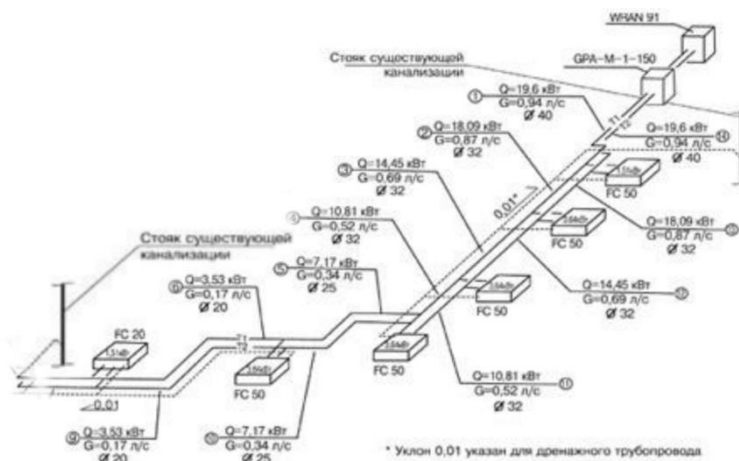
(Табл. 5.5.)

Останній фанкойл							900	
7)	2.02	1741	348	0.1	15	100	4	400
8)	3.53	3043	609	0.17	20	65	7	455
9)	7.17	6181	1236	0.34	25	56	3	280
10)	10.81	9319	1864	0.52	32	29	7	203
11)	14.45	12457	2491	0.69	32	47.5	6	283
12)	18.09	15595	3119	0.87	32	73	3	219
13)	19.6	16897	3379	0.94	32	77	5	385
чиллер WRAN							2800	
Сума, мм в. ст.							8154	

Визначаємо по кожному приміщенню загальна кількість теплонадлишків і з каталогу фірми DELONGHI вибираємо по холодопродуктивності моделі фанкойлів. Дані розрахунку і підбору фанкойлів наведені в табл. 2. Виходячи з сумарною холодопроизводительности всіх фанкойлів (19,6 кВт), по каталогу фірми CLIVET підбираємо чиллер (з найближчої більшої холодопроизводительностью) – WRAN 91 (холод = 20,6 кВт, тепло = 23,1

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кВт). Вибір чилера з «тепловим насосом» дозволяє використовувати систему кондиціонування в режимі обігріву в перехідний період року, коли система опалення ще не включено. На підставі проведеного розрахунку теплонадлишків визначені: Теплове навантаження всієї системи становить 19,6 кВт. Теплоносій – вода з параметрами 7-12 ° С. Труби сталеві, водогазопровідні. Чиллер WRAN 91 холодопроизводительностью 20,6 кВт без вбудованого насосного контуру. Фанкойли – згідно з таблицею 1. Гідравлічний розрахунок системи Метою гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів кожної ділянки системи і підбір насосної станції для стійкої роботи підводу води. Якщо використовується чиллер з вбудованою насосною станцією (гідравлічним контуром), то необхідно визначити, чи достатньо його тиску для нормальної роботи системи. Якщо використовується чиллер без вбудованої насосної станції (гідравлічного контуру), то за даними гідравлічного розрахунку підбирається необхідна насосна станція. Відповідно до планів приміщень виконується аксонометрична схема системи «чиллер-фанкойли», позначаються номери ділянок і визначаються їх довжини (рис. 2). Розрахунок втрат тиску повинен бути проведений для найбільш віддаленого фанкойла. В даному випадку це фанкойл FC 30. Втрати тиску складаються з втрат по довжині і втрат на місцеві опори. Втрати по довжині визначаються відповідно до таблиць для розрахунку водопровідних труб. Втрати на місцеві опори можуть бути прийняті рівними 30% від величини втрат по довжині.



					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Ділянка № 1 – це ділянка між чиллером і першим по ходу води фанкойлом. Його навантаження – загальне навантаження системи: $Q_1 = 19,7 \text{ кВт}$ або $Q_2 = 19,7: 1,16 \cdot 1000 = 16\,982 \text{ ккал / ч}$. Температурний перепад води по каталогу на вході і виході з фанкойла становить $\Delta t = 5^\circ \text{C}$ (з каталогу). Таким чином, можна обчислити витрату води на ділянці № 1:

(формула 5.7.) $G_1 = Q_2 / C \cdot \Delta t$

Де: Q_2 -, ккал / год; C – теплоємність води, рівна $1 \text{ ккал / кг} \cdot ^\circ \text{C}$. $G_1 = 16896 / 1 \cdot 5 = 3376 \text{ кг / год}$ ($0,939 \text{ л / с}$).

По таблиці розрахунку системи водопроводу, наприклад з «Довідника проектувальника», підбираємо діаметр трубопроводу 32 мм, виходячи з умови, що швидкість води не перевищує 1 м / с . Визначаємо питому втрату тиску по довжині R (див., Наприклад, «Довідник проектувальника»). Вона становить $77 \text{ мм вод. ст. / м}$.

Знаючи R і довжину ділянки, можна обчислити опір ділянки R_I , рівне 385 мм вод.ст.

Гідравлічний опір фанкойла, рівне 900 мм вод.ст. , – визначається по каталогам.г) Знаючи витрату води (загальний) і обрану марку чилера (), опір теплообмінника в самому чиллері можна визначити по діаграмі з каталогу CLIVET. В даному прикладі гідравлічний опір теплообмінника складає 28 кПа або 2800 мм вод.ст.д) Після складання опорів всіх ділянок отримуємо загальні втрати тиску в системі; додаємо 30% – запас на місцеві опори – і отримуємо необхідний тиск, яке має розвивати насосна станція $D_{pn} \geq 106 \text{ кПа}$. $DP = R_1 + 30\% (R_1) = 8154 + 0,3 \cdot 8154 = 10600 \text{ мм вод. ст.}$ $3T = 106 \text{ кПа}$ За діаграмою з каталогу CLIVET визначаємо марку насосної станції M2, яка розвиває тиск в мережі 135 кПа , тобто більше, ніж 106 кПа . Як вибрати фанкойл правильно? Фанкойл це окремий елемент системи кондиціонування, основними складовими якого є теплообмінник з вентилятором. Працювати

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фанкойли можуть як на охолодження, так і на обігрів, все залежить від температури поступаючого теплоносія. Підігрів, рівно, як і охолодження теплоносія для фанкойлов, задається зовнішнім джерелом, а в якості теплоносія, може використовуватися антифриз або звичайна вода. Про те, що таке фанкойл і як його вибрати правильно, буде розказано нижче. Здійснюючи вибір фанкойла, слід знати, що всі вони поділяються в першу чергу по типу функціонування. Бувають фанкойли одноконтурні (двотрубні) і двоконтурні (чотиріхтрубні). По виду установки, фанкойли можуть бути: 1. Настінними і напольно-стельовими; 2. Канальними і касетними.

Найпростішим за принципом роботи є двотрубний фанкойл, оскільки він не може працювати на обігрів і на охолодження одночасно. Температурний режим роботи одноконтурного фанкойла, задається за допомогою температури теплоносія в трубах.

Більш складною конструкцією володіє двоконтурний фанкойл. Завдяки двом роздільним один від одного теплообмінникам, чотиріхтрубний фанкойл може працювати одночасно і на охолодження і на обігрів. Якщо розглядати види фанкойлів за типом установки, то найбільш універсальним рішенням є напольно-стельові фанкойли. Залежно від інтер'єрного рішення, установку фанкойлів цього типу, можна виконати як на стелю, так і на підлогу. Настінні фанкойли монтують за принципом побутових кондиціонерів, на поверхню стіни. Що ж стосується касетних фанкойлів, то це непоганий варіант для установки на різні підвісні з можливістю повністю приховати труби і дроти. Підходячи до розгляду питання про те, як вибрати фанкойл, потрібно знати, що основною їхньою технічною характеристикою є теплова потужність. Даний показник фанкойлів може бути різним для режимів підігріву повітря і, навпаки, для його охолодження. Інші, не менш важливі характеристики фанкойлів, це їх продуктивність, яка вказує на кількість пропускає через теплообмінник повітря, за одну одиницю часу. Також, до

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

продуктивності фанкойлів відноситься, і середня довжина повітряного струменя.

Робота фанкойла здійснюється без споживання електроенергії, вона потрібна лише для роботи вентилятора. Проте, якщо встановлюється багато фанкойлів, то слід розрахувати можливі навантаження, які можуть виникнути на електромережу внаслідок цього. Крім того, вибираючи фанкойл, слід звернути увагу і на таку не менш важливу його характеристику, як рівень шуму. Будь-фанкойл видає шум, тому для приміщення, в якому будуть постійно перебувати люди, слід вибрати модель з найменшим рівнем

5.3.Розрахунок та підбір Бойлера непрямого нагріву:

Основним призначенням накопичувального водонагрівача - готувати і накопичувати запас гарячої води в обсязі, якого буде достатньо, щоб покрити потреби мешканців в період пікового водорозбору. Отже, і розраховувати необхідний обсяг впливає з потреб мешканців будинку. Основними параметрами, за яким підбирається ємнісний водонагрівач, є його обсяг і потужність теплообмінника. Але, звичайно, розраховується тільки обсяг бойлера, так як виробники пов'язують потужність теплообмінника водонагрівача з його об'ємом. Звичайно ж, не варто забувати і про габарити водонагрівача для якісної компонування теплового пункту(в нашому випадку-ванна кімната.)

Для початку розрахунку нам потрібно підсумувати витрата води в різних точках водорозбору в період максимального їх використання. Для цієї мети можна скористатися таблицями із зазначених вище джерел. Але можна виходити з потреб конкретної сім'ї.

в будь-якої сім'ї (як і в більшості сімей) максимальні періоди водорозбору - ранок і вечір. Між цими періодами досить часу для повного нагріву води у водонагрівачі. Звичайно, у всіх переваги різні, але для прикладу припустимо, що в родині з 3/4 чоловік вранці все приймають душ по 5 хвилин. Крім цього,

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після сніданку потрібно буде помити посуд. Температуру нагріву гарячої води в бойлері приймемо 60 °С, температуру використовуваної гарячої води +40 °С, температуру холодної води +10 °С, витрата води в душі - 12 л / хв, витрата в мийці - 5 л / хв. При цьому маємо на увазі, що «вхолосту» воду витрачати не будемо! Загальна кількість витраченої води складе: для душа - 12 л / хв · 5хв · 4 = 240 л. для миття посуду - 5 л / хв · 5 хв = 50 л. Таким чином, за ранок в нашій родині буде витрачено 290 л теплої води з температурою 40 °С. Але гарячої води буде потрібно набагато менше. Кількість витраченої води з бойлера (температурою 60 °С) порахуємо за формулою:

(формула 5.8.)
$$V_{ГВ} = V_{ТВ} \cdot (T_{ТВ}-T_{ХВ})/(T_{ГВ}-T_{ХВ})$$

Де: $V_{ГВ}$ - Необхідний обсяг гарячої води (бойлера непрямого нагріву), л; $V_{ТВ}$ - що витрачаються обсяг теплої води, л; $T_{ГВ}$ - Температура гарячої води, °С; $T_{ТВ}$ - Температура теплої води, °С; $T_{ХВ}$ - Температура холодної води, °С;

Після розрахунку отримуємо, що для ранкового періоду нам необхідний запас $V_{ГВ} = 290\text{л} \cdot (40^\circ\text{С} - 10^\circ\text{С}) / (60^\circ\text{С} - 10^\circ\text{С}) = 174\text{л}$.

Для вечірнього періоду: $150\text{л} \cdot (40^\circ\text{С} - 10^\circ\text{С}) / (60^\circ\text{С} - 10^\circ\text{С}) = 90\text{л}$.

Для визначення обсягу бака водонагрівача можна обмежитися вищенаведеним розрахунком. Але треба мати на увазі, що під час споживання води з водонагрівача (при падінні температури води в баку нижче встановленого значення), запускається процес її нагрівання. І реальний необхідний запас води, а, отже, і обсяг бойлера, будуть менше на кількість води, нагрітої в проточному режимі. Приблизно ("приблизно" тому що тепловіддача теплообмінника бойлера змінюється зі зміною температури води в бойлері). кількість підготовлюваної води в проточному режимі можна порахувати за формулою:

(формула 5.9.)
$$q_m = Q/((T_{ТВ}-T_{ХВ}) \cdot 1.163)$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: q_m - масова витрата води, кг/ год; Q - теплова потужність (потужність) теплообмінника водонагрівача Вт. $q_m = 19,7 / ((60-10) \cdot 1.163) = 0,338$ Вт.

Для нагріву води з 10 о С до 40 о С, при потужності теплообмінника (для даних умов) 20 кВт, бойлер здатний нагрівати воду в проточному режимі в кількості:

$V_{\text{тв}} = 20000 / ((40-10) \cdot 1.163) = 573$ кг/Г., або 9,6 л/хв., що цілком вистачить для умивальника і мийки.

6. Тепловий розрахунок холодильної системи:

Теплове навантаження визначимо з урахуванням не врахованих тепловтрат коефіцієнта робочого часу 0.83:

(формула 6.1.) $\Sigma Q_k = 1.2 \cdot 15532 \cdot 10^{-3} = 18.6$, кВт

Даний тепловий насос розраховується на холодопродуктивність 18,6 кВт (теплова продуктивність варіюється). Зроблено розрахунок циклу, підбір обладнання.

Розрахунок циклу теплового насоса зроблений з урахуванням регенеративного теплообмінника і герметичного безсальникового компресора.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5	-4	0,667	244,4	
6	0	0,667	461,4	
7	15	0,667	477,3	

Питома холодопродуктивність циклу:

(формула 6.2.)

$$q_0 = h_6 - h_5, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$q_0 = 461.4 - 244.4 = 217, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питоме тепло відведене у конденсаторі:

(формула 6.3.)

$$q_k = h_2 - h_3, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$q_k = 549,3 - 260,3 = 289, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома об'ємна продуктивність:

(формула 6.4.)

$$q_k = \frac{q_0}{v_{\text{вс}}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

$$q_k = \frac{217}{0.0525} = 4133, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Питома адіабатна робота стискування

(формула 6.5.)

$$l = h_2 - h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_k = 549.3 - 482.38 = 66.9, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата агента:

(формула 6.6.)

$$M_a = \frac{Q_k}{q_k}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_a = \frac{18.6}{66.9} = 0.064, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

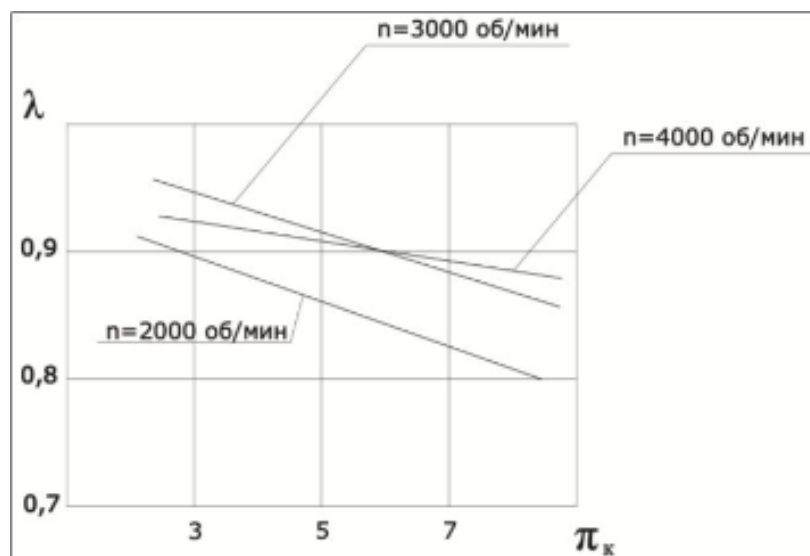
Ступінь стиснення компресора:

(формула 6.7.)

$$\pi = \frac{P_k}{P_0}$$

$$\pi = \frac{P_k}{P_0} = 3.5$$

Коефіцієнт подачі компресора знайдемо за графіком залежності подачі спірального компресора від ступеня стиснення :



(Малюнок 6.3.)

Графік залежності подачі спірального компресора від ступеня стиснення

$$\lambda=0.87$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

(формула 6.8.)

$$V_d = M_a \cdot v_{BC}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_d = 0.064 \cdot 0.0525 = 0.0034, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Теоретична об'ємна продуктивність:

(формула 6.9.)

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_h = \frac{0.0034}{0.87} = 0.0039, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Адіабатна потужність компресора:

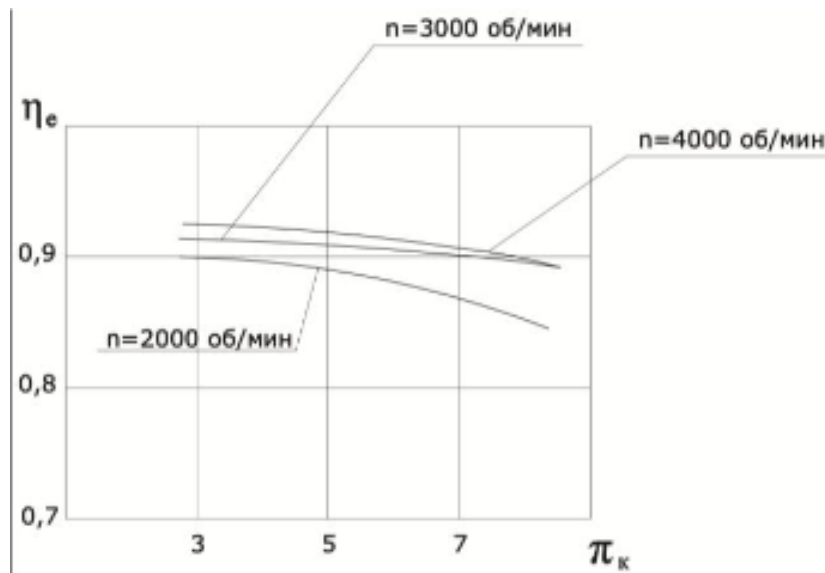
(формула 6.10.)

$$N_a = M_a \cdot l, \text{кВт}$$

$$N_a = 0.064 \cdot 66.9 = 4.32, \text{кВт}$$

Ефективний ККД компресора знайдемо за графіком залежності ККД компресора від ступеня стиснення:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(Малюнок 6.4.)

Графік залежності ККД спірального компресора від ступеня стиснення

$$\eta_i = 0.88$$

Ефективна потужність компресора:

(формула 6.11.)

$$N_e = \frac{N_a}{\eta_i}, \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{4.32}{0.88} = 4.9, \text{ кВт}$$

Дійсний коефіцієнт перетворення:

(формула 6.12.)

$$COP = \frac{Q_k}{N_e}$$

$$COP = \frac{18.6}{4.9} = 3.8$$

7.Розрахунок пластинчастого конденсатора

У якості вихідних даних приймаємо такі параметри:

- холодильний агент R454B ;
- теплоносієм вода;
- $Q_K = 18,6$ кВт – теплове навантаження на апарат.
- $t_K = 40$ °С температура конденсації холодильного агенту;
- $t_{в_in} = 12$ °С температура води на вході в апарат;
- $t_{в_out} = 35$ °С температура води на виході з апарату;

Вибираємо тип пластини NH20-TL фірми «Sondex» і відповідні її геометричні характеристики:

Параметри пластини(Табл. 7.1.)

Значення	$f_{пл}, м^2$	$f, м^2$	$L, м$	$d_e, м$	$\delta_m, м$	$\lambda_m, Вт/(мК)$
	0,21	0,0004575	0,894	0,00487	0,0005	17

де $f_{пл}$ – робоча поверхня, $м^2$; f - площа поперечного перерізу одного каналу, $м^2$; L - приведена довжина каналу, $м$; d_e - еквівалентний діаметр каналу, $м$; δ_m - товщину пластини, $м$; λ_m - коефіцієнт теплопровідності матеріалу пластини, $Вт / (м \cdot К)$.

З циклу процесу конденсації агенту приймаємо:

- ентальпію пара на вході в апарат – $h_{п} = 549,3$ кДж / (кг·К);
- ентальпію рідини на виході з апарату – $h_p = 304,5$ кДж / (кг·К).

На підставі рівняння теплового балансу визначаємо масові витрати агенту та води:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 7.1.) $Q_K = G_A \cdot (h_{\pi} + h_p) = G_W \cdot C_{PW} \cdot (t_{B_in} + t_{B_out})$

$$G_A = \frac{Q_K}{(h_{\pi} - h_p)} = \frac{18.6}{549.3 - 304.5} = 0.076 \text{ кг/с}$$

$$G_W = \frac{Q_K}{C_{PW} \cdot (t_{B_out} - t_{B_in})} = \frac{18.6}{4.18 \cdot (35 - 12)} = 0.193 \text{ кг/с}$$

де, G_A і G_W – відповідно, масові витрати агента і води кг/с; C_{PW} – питома теплоємність води при середній (визначальній) температурі t_{BC} , кДж/(кгК).

(формула 7.2.) $t_{BC} = (t_{B_in} + t_{B_out}) \cdot 0.5, ^\circ\text{C}$

$$t_{M.CP.} = (12 + 35) \cdot 0.5 = 23.5 ^\circ\text{C}$$

Приймаємо протитечійну (Малюнок. 7.1.) схему руху середовищ в односекційному пластинчастому конденсаторі.

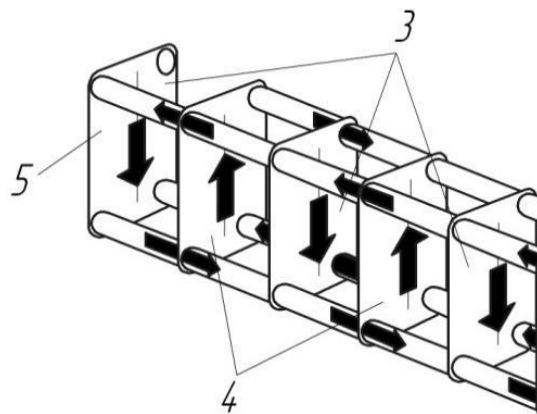


Рис. 1. Схема руху робочих середовищ в пластинчастому теплообміннику: 1 - рух теплоносія ; 2 - холодильний агент; 3 - канали по агенту; 4 - канали по теплоносію; 5 - кінцева пластина.

Логарифмічний температурний напір для конденсаторів де суха насичена пара перетворюється в рідину при постійній температурі конденсації визначаємо по формулі:

(формула 7.3.)

$$\theta_L = \frac{(t_{B_out} + t_{B_in})}{\ln \left[\frac{t_K - t_{B_in}}{t_K - t_{B_out}} \right]}, ^\circ\text{C}$$

$$\theta_L = \frac{35 - 12}{\ln \left[\frac{40 - 12}{40 - 12} \right]} = 13.4 ^\circ\text{C}$$

Перше приближення

Задаючись середньою швидкістю потоку води в першому приближенні $\omega_w = 0,05$ м/с і приймаючи параметри пластини з рівняння суцільності потоку знаходимо число рівнобіжних каналів у пакеті пластин апарата в одному ході по воді:

(формула 7.4.)

$$z = \frac{G_w}{\omega_w \cdot \rho_w \cdot f}, \text{ шт}$$

$$z = \frac{0.193}{0.05 \cdot 997.3 \cdot 0.0004575} = 9, \text{ шт}$$

де, $\rho_w = 997,3$ кг/м³ - щільність води при визначальній температурі $t_{вс}$; f , м² - площа поперечного перерізу одного каналу за таблицею 1.

Коректуємо величину прийнятої швидкості:

(формула 7.5.)

$$\omega_w = \frac{G_w}{z \cdot \rho_w \cdot f}, \text{ м/с}$$

$$\omega_w = \frac{0.193}{9 \cdot 997.3 \cdot 0.0004575} = 0.047, \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса для води при заданих геометричних параметрах пластини та коректованій швидкості:

(формула 7.6.)

$$Re = \frac{\omega_w \cdot d_e}{\nu_B}$$

$$Re = \frac{0.047 \cdot 0.00487}{0.936 \cdot 10^{-6}} = 245$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, $\nu_B = 0,936 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості; d_e , м - еквівалентний діаметр за таблицею 1.

Критерій Нуссельта на стороні води при турбулентному русі потоку ($Re=50 \div 25000$) визначимо за наступною формулою:

(формула 7.7.)

$$Nu = C \cdot Re^{0.72} \cdot Pr_w^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr_w}{Pr_f} \right)^{0.25}$$

$$Nu = 0.2 \cdot 245^{0.72} \cdot 6.47^{0.43} \cdot 1.05 = 24.6$$

де $C = 0,2$ - поправочний коефіцієнт, що враховує конструкцію пластини прийнятий за рекомендаціями наведеними у роботі [1]; Pr_w - число Прандтля для води при визначальній температурі $t_{вс}$; $\left(\frac{Pr_w}{Pr_f} \right)^{0.25} = 1.05$ - відношення чисел Прандтля, що враховує напрямок теплового потоку, для визначення якого необхідно знати температури стінки що невідома, тому з достатньою точністю для розрахунків прийнято значення 1,05.

Коефіцієнт теплопровідності на стороні води:

(формула 7.8.)

$$\alpha_w = Nu \cdot \frac{\lambda_w}{d_e}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_w = 24.6 \cdot \frac{0.544}{0.00487} = 2750 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де, $\lambda_B = 0.544 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності води при визначальній температурі $t_{вс}$;

Швидкість пари холодоагенту на вході в канал, визначимо за умови що в крайніх пакетах дотичних із плитами апарата проходить вода:

(формула 7.9.)

$$\omega_A = \frac{G_A}{(z - 1) \cdot \rho_n \cdot f}, \text{ м}/\text{с}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_A = \frac{0.076}{8 \cdot 74.2 \cdot 0,0004575} = 0.28, \text{ м/с}$$

де, $\rho_{\pi} = 74,2 \text{ кг/м}^3$ - щільність пари агенту при температурі конденсації; $(z-1)$, шт - число каналів по агенту.

Число Рейнольдса для пари холодоагенту:

(формула 7.10.)

$$Re' = \frac{\omega_w \cdot L}{\nu_{\pi}}$$

$$Re' = \frac{0.77 \cdot 0.894}{0.386 \cdot 10^{-6}} = 1780940$$

де, $\nu_{\pi} = 0,1887 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості; L , м - наведена довжина каналу за таблицею 1.

Параметр Π , що враховує вплив швидкості пари холодоагенту в щілинних каналах на коефіцієнт тепловіддачі при його конденсації при $1,2 \cdot 10^5 \leq Re' \leq 4,5 \cdot 10^6$:

(формула 7.11.)

$$\Pi = 0.2 \cdot Re'^{0.12} \cdot Pr_{\pi}^{-0.33}$$

$$\Pi = 0.2 \cdot 1325507^{0.12} \cdot 0.99^{-0.33} = 1.129$$

Pr_{π} - число Прандтля для пари холодоагенту при температурі конденсації.

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації холодоагенту у вертикальних щілинних каналах, з урахуванням поправки на вплив швидкості пари:

(формула 7.12.)

$$\alpha_0 = 1.15 \cdot \Pi \cdot \frac{(h_{\pi} - h_p) \cdot 10^3 \cdot \rho_A^2 \cdot \lambda_A^3 \cdot g}{\mu_A \cdot \theta_0 \cdot L}, \text{ Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

де, фізичні параметри рідкого холодоагенту при температурі конденсації: $\rho_A = 918,5 \text{ кг/м}^3$ - щільність; $\lambda_A = 0,094 \text{ Вт/(\text{м} \cdot \text{К})}$ – коефіцієнт теплопровідності; $\mu = 9,72 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У рівнянні (1.12) присутня величина θ_0 , яка дорівнює різниці температури конденсації t_K та температури стінки $t_{ст}$, але так як температура стінки невідома рівняння приймає вигляд:

(формула 7.13.)

$$A = 1.15 \cdot \Pi \cdot \left(\frac{(h_{п} - h_p) \cdot 10^3 \cdot \rho_A^2 \cdot \lambda_A^3 \cdot g}{\mu_A \cdot L} \right)^{0.25}$$

$$A = 1.15 \cdot 1.129 \cdot \left(\frac{(549.3 - 304.5) \cdot 10^3 \cdot 918.5^2 \cdot 0.094^3 \cdot 9.81}{9.72 \cdot 10^{-4} \cdot 0.894} \right)^{0.25} = 1478$$

Тоді щільність теплового потоку з боку агенту дорівнює:

(формула 7.14.)

$$q_A = A \cdot \theta_0^{0.75}, \text{ Вт/м}^2$$

Щільність теплового потоку з боку води:

(формула 7.15.)

$$q_w = \frac{(t_{ст} - t_{вс})}{\left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)}, \text{ Вт/м}^2$$

$$q_w = \frac{(t_{ст} - t_{вс})}{\left(\frac{1}{2750} + \frac{0.005}{17} + 4,17 \cdot 10^{-4} \right)} = 1234.5 \cdot (t_{ст} - t_{вс}), \text{ Вт/м}^2$$

де, λ_m і δ_m - параметри пластини за таблицею 1, $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 4,17 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$, прийнятий сумарний термічний опір відкладень; $(t_{ст} - t_{вс})$ - різниця температури стінки та середній температури води.

Рішення системи рівнянь (1.14) і (1.15) графоаналітичним методом, дозволить знайти розрахункове значення щільності теплового потоку апарата - q .

Задаючись значеннями $(t_{ст} - t_{вс}) = \theta_{л} = 13.4$, визначимо щільність теплового потоку на стороні води:

$$q_w = 1234.5 \cdot 13.4 = 16542 \text{ Вт/м}^2$$

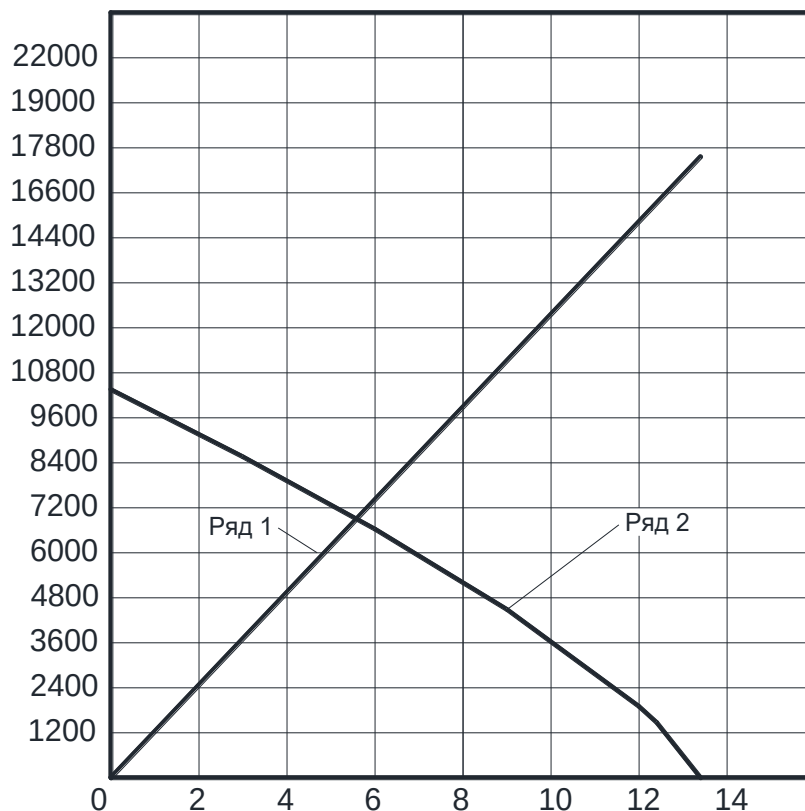
					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За отриманими даними в координатах $q = f(\theta_{\text{л}})$ будуємо лінійний графік залежності $q = f(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}})$ (Рис. 6.1, Ряд 1) , приймаючи за початок координат крапку $\theta_{\text{л}} = 0$ °С.

Задаючись значеннями $\theta_0 = (t_{\text{к}} - t_{\text{ст}})$ визначимо значення щільності теплового потоку на стороні агента: (Табл. 7.2.)

$\theta_0, ^\circ\text{C}$	0	1	1,4	4,4	7,4	10,4	13,4
$q, \text{Вт/м}^2$	0	1478	1902,3	4490,2	6631,3	8559,5	10351,5

За отриманими даними в координатах $q = f(\theta_{\text{л}})$ будуємо лінійний графік залежності $q = f(\theta_0)$ (Малюнок 7.2. Ряд 2), приймаючи за початок координат крапку $\theta_{\text{л}} = 13,4$ °С.



Графіки залежностей(малюнок 7.2.) $q = f(\theta_{\text{л}})$:

1 Ряд - $q = f(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}})$; 2 Ряд - $q = f(\theta_{\text{л}})$;

За графіком знаходимо щільність теплового потоку апарата:

$$q = 7000 \text{ Вт/м}^2$$

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

(формула 7.16.)

$$F = \frac{Q_K \cdot 10^3}{q}, \text{ м}^2$$

$$F = \frac{18600}{7000} = 2.657 \text{ м}^2$$

Тоді необхідна кількість пластин дотичних з агентом для забезпечення розрахункової площі поверхні теплообміну дорівнює:

(формула 7.17.)

$$n = \frac{F}{f_{\text{пл}}}, \text{ шт}$$

$$n = \frac{2.657}{0.21} = 12.6, \text{ шт}$$

де, $f_{\text{пл}} = 0,21 \text{ м}^2$, - робоча поверхня однієї пластини.

Отримане значення розрахункового числа пластин, округлимо до цілого парного значення у бік збільшення: $n' = 14$.

Коректуємо значення площі поверхні апарата:

(формула 7.18.)

$$F_{\text{ап}} = f_{\text{пл}} \cdot n', \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ап}} = 0.21 \cdot 14 = 2.94, \text{ м}^2$$

Число рівнобіжних каналів:

$$\text{по агенту } z_1 = \frac{10}{2} = 7, \text{ шт}$$

$$\text{по воді } z_2 = z_1 + 1 = 8, \text{ шт}$$

Розрахункове значення швидкості води в апараті:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 7.19.)

$$\omega'_w = \frac{G_w}{z_2 \cdot \rho_w \cdot f}, \text{ м/с}$$

$$\omega'_w = \frac{0.193}{8 \cdot 997.3 \cdot 0,0004575} = 0.053, \text{ м/с}$$

Перевіримо відповідність прийнятого і розрахункового значень швидкості води в апараті:

(формула 7.20.)

$$\left| \frac{\omega'_w - \omega_w}{\omega'_w} \right| \cdot 100 \leq 5\%$$

$$\left| \frac{0.053 - 0.047}{0.053} \right| \cdot 100 = 11.3 \%$$

Умова не виконується, тому необхідно задати нове значення швидкості і повторити ітерацію починаючи з формули (1.4).

Друге приближення

Задаємо середньою швидкістю потоку води в другому приближенні $\omega_w = 0,053$ м/с і приймаючи параметри пластини з рівняння суцільності потоку знаходимо число рівнобіжних каналів у пакеті пластин апарата в одному ході по воді:

(формула 7.20.)

$$z = \frac{0.193}{0.047 \cdot 997.3 \cdot 0,0004575} = 8, \text{ шт}$$

Коректуємо величину прийнятої швидкості:

(формула 7.21.)

$$\omega_w = \frac{0.193}{8 \cdot 997.3 \cdot 0,0004575} = 0.053, \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса для води при заданих геометричних параметрах пластини та коректованій швидкості:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 7.22.)

$$Re = \frac{0.053 \cdot 0.00487}{0.936 \cdot 10^{-6}} = 368$$

Критерій Нуссельта на стороні води при турбулентному русі потоку ($Re=50 \div 25000$) визначимо за наступною формулою:

(формула 7.23.)
$$Nu = 0.2 \cdot 276^{0.72} \cdot 6.47^{0.43} \cdot 1.05 = 26.8$$

Коефіцієнт теплопровідності на стороні води:

(формула 7.24.)
$$\alpha_w = 26.8 \cdot \frac{0.544}{0.00487} = 2993 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Швидкість пари холодоагенту на вході в канал, визначимо за умови що в крайніх пакетах дотичних із плитами апарата проходить вода:

(формула 7.25.)
$$\omega_A = \frac{0.076}{7 \cdot 74.2 \cdot 0.0004575} = 0.32, \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса для пари холодоагенту:

(формула 7.26.)
$$Re' = \frac{0.32 \cdot 0.894}{0.1887 \cdot 10^{-6}} = 151476.76$$

Параметр П, що враховує вплив швидкості пари холодоагенту в щілинних каналах на коефіцієнт тепловіддачі при його конденсації при $1,2 \cdot 10^5 \leq Re' \leq 4,5 \cdot 10^6$:

(формула 7.26.)
$$П = 0.2 \cdot 151476.76^{0.12} \cdot 0.99^{-0.33} = 1.107$$

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації холодоагенту у вертикальних щілинних каналах, з урахуванням поправки на вплив швидкості пари:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(формула 7.27.)

A

$$= 1.15 \cdot 1.107$$

$$\cdot \left(\frac{(549.3 - 304.5) \cdot 10^3 \cdot 918.5^2 \cdot 0.094^3 \cdot 9.81}{9.72 \cdot 10^{-4} \cdot 0.894} \right)^{0.25}$$

$$= 1502$$

Тоді щільність теплового потоку з боку агенту дорівнює:

(формула 7.28.)

$$q_A = A \cdot \theta_0^{0.75}, \text{ Вт/м}^2$$

Щільність теплового потоку з боку води:

(формула 7.29.)

$$q_w = \frac{(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}})}{\left(\frac{1}{2993} + \frac{0.005}{17} + 4,17 \cdot 10^{-4} \right)}$$
$$= 1281.3 \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}}), \text{ Вт/м}^2$$

Задаючись значеннями $(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}}) = \theta_L = 13.4$, визначимо щільність теплового потоку на стороні води:

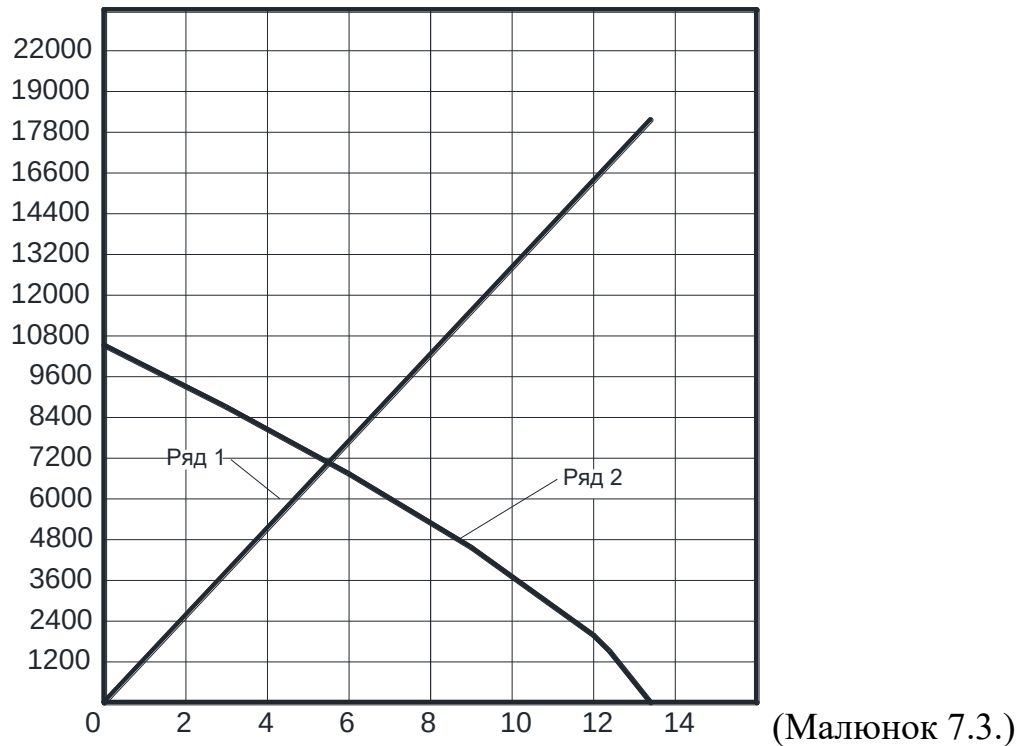
$$q_w = 1281.3 \cdot 13.4 = 17168.8 \text{ Вт/м}^2$$

За отриманими даними в координатах $q = f(\theta_L)$ будемо лінійний графік залежності $q = f(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}})$, приймаючи за початок координат крапку $\theta_L = 0$ °С.

Задаючись значеннями $\theta_0 = (t_K - t_{\text{ст}})$ визначимо значення щільності теплового потоку на стороні агента (Табл. 7.3.):

$\theta_0, \text{ }^\circ\text{C}$	0	1	1,4	4,4	7,4	10,4	13,4
$q, \text{ Вт/м}^2$	0	1502	1933.15	4563.1	6738.9	8698.5	10519.6

За отриманими даними в координатах $q = f(\theta_{\text{л}})$ будемо лінійний графік залежності $q = f(\theta_0)$ (Рис. 6.2 Ряд 2), приймаючи за початок координат крапку $\theta_{\text{л}} = 13,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



Графіки залежностей $q = f(\theta_{\text{л}})$:

1 Ряд - $q = f(t_{\text{ст}} - t_{\text{вс}})$; 2 Ряд - $q = f(\theta_{\text{л}})$;

За графіком знаходимо щільність теплового потоку апарата:

$$q = 7100 \text{ Вт/м}^2$$

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

(формула 7.30.)

$$F = \frac{18600}{7100} = 2.62 \text{ м}^2$$

Тоді необхідна кількість пластин дотичних з агентом для забезпечення розрахункової площі поверхні теплообміну дорівнює:

(формула 7.31.)

$$n = \frac{F}{f_{\text{пл}}}, \text{ шт}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

$$n = \frac{2.62}{0.21} = 12.475, \text{ шт}$$

Отримане значення розрахункового числа пластин, округлимо до цілого парного значення убік збільшення: $n' = 14$.

Коректуємо значення площі поверхні апарата:

(формула 7.32)
$$F_{\text{ап}} = f_{\text{пл}} \cdot n', \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ап}} = 0.21 \cdot 14 = 2.94, \text{ м}^2$$

Число рівнобіжних каналів:

по агенту $z_1 = \frac{10}{2} = 7, \text{ шт}$

по воді $z_2 = z_1 + 1 = 8, \text{ шт}$

Розрахункове значення швидкості води в апараті:

(формула 7.33.)
$$\omega'_w = \frac{0.193}{8 \cdot 997.3 \cdot 0.0004575} = 0.053, \text{ м/с}$$

Перевіримо відповідність прийнятого і розрахункового значень швидкості води в апараті:

(формула 7.34.)
$$\left| \frac{0.053 - 0.053}{0.053} \right| \cdot 100 = 0 \%$$

Умова виконується, тому можна зробити висновок що розрахунки вірні.

За отриманим значенням площі поверхні апарату підбираємо теплообмінник фірми Danfos.

8. Підбір компресора та теплообмінних апаратів.

Підбір компресора здійснимо по потрібній холодопродуктивності $Q_0 = 13 \text{ кВт}$ з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку.

Вибираємо спіральний компресор фірми Danfoss марки DSH090-4.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Табл 8.1.)

Coolselector2



Інформація про проект

Ім'я проекту:

Коментарі:

Створений:

Coolselector2 версія: 3.4.0. База даних: 45.45.2.19.7.26

Надруковано: Вівторок, Червень 11, 2019

Налаштування, які Усі сфери застосувань

Компресори 1

Умови роботи

Холодоагент: R454B

Температура точки роси -3.0 °C Температура 41.6 °C

Тиск кипіння: 6.667 bar Тиск конденсації: 23.20 bar

Температура кипіння на -3.5 °C Переохолодження: 3.0 K

Ефективний перегрів: 8.0 K Додаткове 3.0 K

Додатковий перегрів: 12.0 K Загальне 6.0 K

Температура газу на 17.0 °C Температура 34.0 °C

Розрахункові умови: Вибіркове

Потрібна 14.00 kW

Вибір: DSH090-4, R454B

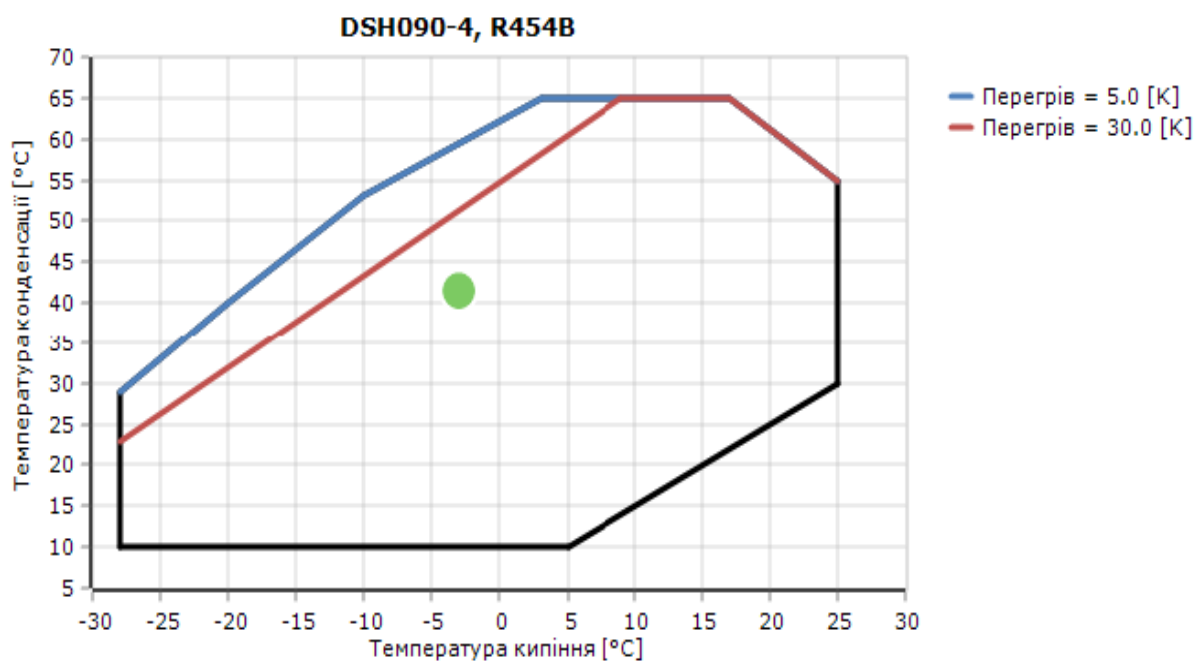
Відсоток відповідності (113.7%) вищий за

Модель	DSH090-4	DSH105-4	DSH120-4
Технологія	Спиральний	Спиральний	Спиральний
Конфігурація	Одинарний	Одинарний	Одинарний
Холодоагент	R454B	R454B	R454B
Регулювання	З постійною	З постійною	З постійною
Швидкість [rpm]	2900	2900	2900

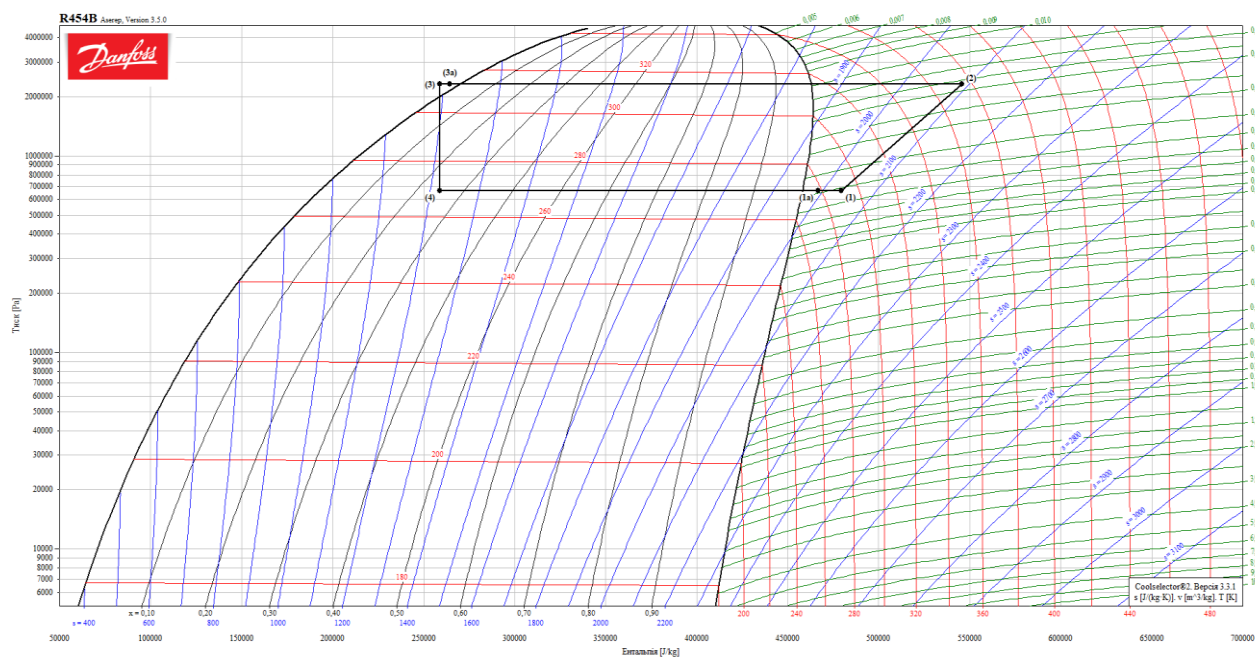
Охолодження	15.92	18.94	21.56
COP	2.96	3.11	3.18
Нагрівання [kW]	21.29	25.04	28.34
COP нагрівання	3.96	4.11	4.18
Потужність	5.371	6.099	6.784
Струм [A]	10.78	12.88	13.86

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота [Hz]	50	50	50
Джерело	380 - 400 V (415	380 - 400 V (415	380 - 400 V (415 V) 3
Масова витрата	275.6	327.9	373.2
Обраний кодвий номер і запчастини			
Кодвий	120H1183. DSH090A4ALB. Min. order quantity: 8 pcs		
Діапазон			



(Малюнок 8.1.a)



(Малюнок 8.1.б)

9.Розрахунок ґрунтового колектора

В напірних мережах втрати напору визначаються за формулами Дарсі і Вейсбаха. Сумарне значення втрат можна визначити за рівнянням, м.

$$(Формула\ 9.1.) \quad H_{gid} = \lambda \cdot U^2 / 2g \cdot l + \Sigma \delta \cdot U^2 / 2g,$$

Де: λ - гідравлічний коефіцієнт тертя; g - прискорення вільного падіння ($9,8 \text{ м/с}^2$); $\Sigma \delta$ - значення коефіцієнта місцевих опорів.

Значення гідравлічного коефіцієнта тертя для всіх областей опору визначається за формулою рівняння Альтшуля.

$$(Формула\ 9.1.) \quad \lambda = 0,11 \cdot (\Delta/d + 68/Re)^{0,25} \quad (Табл\ 9.1.)$$

Об'єм на частка в суміші, %	Температ ура розчину, t, °C	Густ ина, кг/м³	Теплоємніс ть, Ср, кДж/ кг К	Тепло- провідніс ть л, Вт/м К	Кінемати чна в'язкість, ×10 ⁻⁶ м²/с
25	-10	1032	3,93	0,466	9,9
	0	1030	3,95	0,470	6,0
	20	1024	3,98	0,478	2,8
	40	1016	4,00	0,491	1,4
	60	1003	4,03	0,505	0,9
	80	986	4,05	0,519	0,68
	100	979	4,08	0,533	0,52
38	-20	1050	3,68	0,420	45
	0	1045	3,72	0,425	12
	20	1036	3,77	0,429	4,4
	40	1025	3,82	0,433	2,2
	60	1012	3,88	0,437	1,3
	80	997	3,94	0,441	0,9
	100	982	4,00	0,445	0,7
47	-30	1066	3,45	0,397	150

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

	-20	1062	3,49	0,396	70
	-10	1058	3,52	0,395	30
	0	1054	3,56	0,395	18
	20	1044	3,62	0,394	6
	40	1030	3,69	0,393	2,9
	60	1015	3,76	0,392	1,6
	80	999	3,82	0,391	1,1
	100	984	3,89	0,390	0,82

Еквівалентна шорсткість Δ , мм для деяких видів труб наведена нижче

сталеві суцільнотягнуті нові – 0,02...0,05;

сталеві суцільнотягнуті ненові – 0,15...0,3;

чавунні нові – 0,25...1,0;

бетонні та залізобетонні – 0,3...0,8;

сталеві зварні нові – 0,04...0,1;

сталеві зварні і чавунні ненові – 0,8...1,5;

для поліетиленових труб значення Δ береться з технічних характеристик виробника.

Критерій Рейнольдса визначається за формулою:

(Формула 9.1.) $Re = U \cdot d / V$

Де: U - швидкість руху розчину м/с; d - діаметр трубопроводу м; V - кінематична в'язкість розчину при даній температурі м²/с.

Необхідну витрату теплоносія через випарник визначимо з паспортних даних теплового насоса: $G = 1800$ л/год. При цьому, максимальний опір

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

грунтового колектору не повинен перевищувати, згідно з характеристиками циркуляційного насоса 38 кПа.

Пропускна здатність кожного контуру складає $1800/5 = 360$ л/год.

Прийнявши довжину труби підведення 10 м діаметром 32 мм, визначимо, що втрати напору складуть приблизно 7200 Па. Це не перевищує допустимих значень.

Контур опалення розраховується за відомими методиками з врахуванням низької температури теплоносія і нестандартного температурного напору в 5°C .

$$\text{Re} = 0.053 \cdot 16/0.064 = 13,25$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (0,03/16 + 68/13,25)^{0,25} = 0,16.$$

9.1. Обґрунтування вибору холодоносія:

Широке поширення води обумовлено прекрасним поєднанням теплофізичних властивостей, безпеки і зручності експлуатації; вона нетоксична, негорюча, невибухонебезпечна, доступна і має низьку ціну.

Однак, не так все просто. Крім щодо високої температури замерзання основними проблемами, пов'язаними з використанням води, є її висока корозійна активність і схильність до осаду (соле) утворення.

Один із способів боротьби з корозією - додавання в неї присадок-інгібіторів, які знижують її корозійну агресивність і зменшують осадкоутворення.

Широко застосовуються нині інгібітори корозії і накипоутворення для води, наприклад, містять хром, цинк, аміни та ін., Часто є токсичними і екологічно небезпечними. У той же час деякі нетоксичні інгібітори, зокрема фосфати, силікати, карбонати, сприяють утворенню відкладень. Крім того, більшість інгібіторів неефективні при захисті металів, які працюють в умовах неповного занурення (напівзанурені стан), в тому числі при наявності на частини поверхні залишків вологи, наприклад, після промивних операцій в

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтервалі часу від зливу рідини і до повної заправки хладоносителем. Кожен читач на особистому досвіді знає якого кольору тече вода з його водопровідного крана після навіть короткочасного відключення води в будинку.

Осадкообразование не менш важлива, ніж корозія, проблема при застосуванні води. При випаровуванні води з технологічних ємностей збільшується концентрація розчинених в ній солей, поліпшуються умови для утворення важкорозчинних опадів, що підвищує шорсткість поверхні стінок труб, зменшує прохідний діаметр труб і теплопровідність їх стінок, підвищує гідродинамічний опір і, відповідно, знижує ефективність теплообміну. При цьому зміна температурних параметрів технологічних процесів стає більш інерційним, а обладнання менш довговічним.

При випаровуванні води з промитої поверхні металу після зливу води на поверхні металу залишаються краплі, з яких осідає сіль, причому, як правило, у вигляді плям (острівців), що тягне до виникнення розвинених кордонів розділу фаз і виникнення контактної різниці потенціалів. Ця обставина в свою чергу призводить до прискорення корозії металу (рис.1). Для дуже жорсткої води корозія сповільнюється через домінуючого впливу бар'єрного ефекту. Тобто процеси осадкообразования і корозії металу безпосередньо пов'язані один з одним.

Для вирішення зазначених вище проблем ТОВ "Спектропласт" використовує комплекс присадок до води, який являє собою суміш протикорозійних, протівовспенюючих і чистячих стінки обладнання від опадів добавок. Нетоксичні і екологічно безпечні концентрати інгібіторів корозії для води сімейства СП-В випускаються по ТУ 2415-006-11490846-04 і мають дозвіл центру держсанепіднагляду №77.01.12.241.П.12016.05.4 від 31.05.04г. для застосування в харчових виробництвах і житлових будівлях. В результаті застосування цього комплексу поліпшується ефективність роботи систем охолодження або нагрівання, продовжується термін служби обладнання,

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабілізується процес теплопередачі. У таблиці 1 представлені дані порівняльних корозійних випробувань при використанні розробленої композиції інгібіторів. Аналогів цьому концентрату інгібіторів корозії по комплексу властивостей на ІКК нам виявити не вдалося.

Холодоагент R454b - це легкозаймистий холодоагент з низьким потенціалом глобального потепління (GWP) на основі гідрофторолефіна, який замінює R410a в нових конструкціях обладнання. Він пропонує оптимальний баланс властивостей для заміни R410a в системах кондиціонування повітря з повітряним охолодженням, чиллерах і теплових насосах.

R454B забезпечує найнижчий доступний ПГП (466) з усіх впроваджуваних рішень зі скороченням на 78% в порівнянні з R410A. Потенціал виснаження озонового шару дорівнює нулю. Також забезпечує чудові характеристики щодо холодопроизводительности і ефективності, забезпечуючи при цьому більше 30% зниження GWP в порівнянні з R32 - ще одним кандидатом на заміну R410A.

9.2. Розрахунок геотермального зонда:

Існує кілька основних способів відбору тепла: з навколишнього повітря; ґрунтових вод; ґрунту з горизонтальним колектором; ґрунту з вертикальними зондами. Повітря як джерело тепла підходить тільки для частини південних регіонів.

При зовнішніх температурах мінус 15 град. і нижче коефіцієнт COP знижується до 1,3, зменшуючи ефективність теплонасосної установки в зимовий період. Тому тепловий насос повітря-вода часто використовується з другим джерелом тепла. Перевагою таких теплових насосів є простота монтажу (відсутні дорогі земляні роботи). Застосування таких насосів в дачному секторі дозволяє продовжити дачний сезон.

Ґрунтові води в якості джерела тепла є хорошим акумулятором сонячної

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії. Температура підземних вод знаходиться в межах 8-12 град. і постійна протягом всього опалювального сезону. Тому коефіцієнт потужності COP протягом всього року має хороший показник. Для відбору тепла в цьому випадку влаштовують дві свердловини: подає і поглинає.

На жаль, не скрізь ґрунтові води відповідають необхідним якостям (за вмістом заліза, солей, механічних домішок), тому їх доводиться «готувати», а це не завжди з економічного боку доцільно.

Ґрунт як джерело тепла на глибині промерзання (1,2 - 2,0 м) навіть в холодні дні все ще залишається теплим, і на цих глибинах можна розташувати горизонтальний колектор. Відібрати з ґрунту в цьому варіанті можна в межах 15 - 30 Вт / м². Природно, треба враховувати і склад ґрунту і його фільтраційну можливість. Дуже добре такі контури працюють в районах з високим рівнем ґрунтових вод і на схилах. Але треба розуміти, що вони займають багато місця. І в процесі відбору тепла, особливо в пік опалювального сезону (кінець січня - лютий) контур сильно виморожується і температура на виході з ґрунту доходить до мінус 6-8 град. При таких температурах теплова потужність насоса падає на 5-7%.

Ґрунт, як джерело тепла, з геотермальними зондами є найбільш вживаним варіантом. Свердловини займають менше місця на ділянці. Є можливість, за певних типах ґрунтів, застосувати похиле («кластерне») буріння. Це дозволяє встановлювати зонди в місцях, де «вапняк» підходить близько до поверхні землі. Температура «джерела» більш стабільна протягом опалювального періоду в порівнянні з горизонтальним колектором і установками повітря-вода. Як наслідок, геотермальний тепловий насос володіє більш високим коефіцієнтом COP і загальним річним коефіцієнтом ефективності.

Холодильна потужність відбору тепла для вертикальних зондів для різних ґрунтів знаходиться в межах 35-60 Вт / м пог. Рекомендацій по вибору цього

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження досить багато. Як правило, інсталятори закладають навантаження в межах 40 - 50 Вт / м пог. зонда.

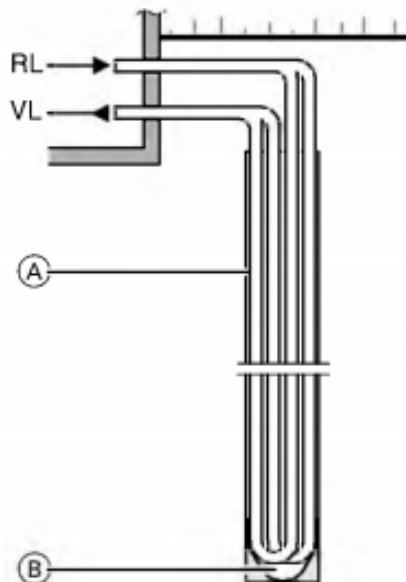
Вертикальні геотермальні зонди дозволяють здійснити «пасивне» охолодження будівлі, як найбільш економічно вигідна. За допомогою використання насоса циркуляції «джерела» в ґрунт через зонди можна відвести до 70% холодильної потужності теплонасосної установки. Найчастіше приміщення зручно охолоджувати через настання фанкойли.

Кліматичні умови більшої частини території Європи суттєво відрізняються від клімату районів Росії. Відповідно відрізняються тривалість опалювального періоду та, як наслідок, навантаження на геотермальний контур. Це необхідно враховувати при розрахунку параметрів джерела тепла. Європейські виробники теплових насосів пропонують підбір компонентів геотермального контуру, методики розрахунку, а також готові таблиці і програми для вибору всього складу обладнання. У деяких європейських виробників накопичений великий «банк даних» за літологічного складу ґрунтів, їх фільтраційної здатності і питомої потужності відбору тепла вертикальної свердловиною в конкретному місці.

Для умов нашого клімату необхідно закладати деякий «поправочний коефіцієнт», як правило, у бік збільшення потужності геотермального контуру.

Геотермальний зонд - це одна або дві U-образні труби, які занурюються в спеціальну пробурену свердловину. Зонди, як правило, виконані з пластикових труб РЕ-Ха, спеціально розроблених для застосування в важких умовах, так як зонд на великій глибині відчуває вплив високого тиску. Всі проміжки між трубами і ґрунтом заповнюються матеріалом з хорошою теплопровідністю - бетоніта. В іншому випадку будуть істотні втрати в теплопередачі.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(Малюнок 9.1.)

RL- Подаюча магістраль контуру

VL- Зворотня магістраль

A- Бетоніт

B- Накінечник зонду.

Холодний теплоносій (розсол) від теплового насоса по магістралі VR перетікає до нижньої точки зонда, а потім назад по магістралі VL –до випарника теплового насоса. При цьому він відбирає тепло. Питомий тепловий потік в значній ступені, непостійний і становить від 20 до 100 Вт /м довжини зонда. Якщо виходити з середнього значення 50 Вт /М - це означає, що, наприклад, для теплового насоса потужністю 10 кВт буде потрібно зонд довжиною 200 м або чотири зонда по 50 м. Зонди між собою з різних свердловин з'єднуються через колектор.

Відстань між двома земляними зондами має становити:

при глибині до 50 м мінімум 5 -7 м

при глибині до 100 м мінімум 7 -9м

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо є можливість розвести зонди на більшу відстань, то це буде тільки ліпше. Питома показник відбору потужності для земляних зондів в залежності від типу ґрунту .

(Табл. 9.2.)

Ґрунт	Питомий показник відбору потужності Вт/м
Поганий ґрунт(суха осадна порода.)	<1,5
Нормальна, тверда кам'яна порода і насичена водою осадна порода	<1,5-3,0
Тверда кам'яна порода з високою теплопроводністю	>3,0
Галька,сухий пісок	<20
Галька,вологий пісок	55-65
Волога глина, суглінок	30-40
Вапняк	45-60
Піщаник	55-65
Кіслі магматичні породи(наприкоад граніт)	55-70
Основні магматичні породи(наприклад базальт)	35-55
Гнейс	60-70

Розрахунок геотермального зонда у вигляді подвійної U-образної труби.

Середній відбір потужності $4 = 50 \text{ Вт / м}$ довжини зонда, потужність теплового насоса беремо за $M = 5,0 \text{ кВт}$. Довжина зонда складе $E = M / d$, то є $5000 / 50$, так само 100 метрів.

Для зонда беремо поліетиленову трубу $32 \cdot 3,0 (2,9) \text{ мм}$ з $0,531 \text{ л / м}$.

Розраховуємо необхідну кількість теплоносія. Діаметр трубопроводу, що підводить повинен бути більше діаметра трубних контурів, рекомендується

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

РЕ 32 -Ре 63. Земляний зонд у вигляді подвійної U-образної труби, що подає магістраль 10 м ($2 \cdot 5$ м) з поліетиленової труби $32 \cdot 3,0$ (2,9) = $2 \cdot 100$ мх2х 0,531 л / м + 10 м · 0,531 л / м = 217,7 л. Краще передбачити не менше 220 л, включаючи кількість розсолу, необхідного для теплового насоса.

Як розсол / теплоносій, краще використовувати, наприклад, пропіленгліколь або 25% розчин гліколю. Точка замерзання розсолу має бути не нижче -20°C.

У вертикальному геотермальному контурі можуть використовуватися зонди декількох типів: двотрубні, коаксіальні і Чотирьохтрубна.

Двотрубний геотермальний зонд -найпопулярніший геотермальний U-зонд, не дорогий і легкий в монтажі.

Коаксіальний геотермальний зонд - пристрій: труба в трубі, Найпоширеніші варіанти діаметрів пнд труб: 63 мм. і 40 мм., 63мм. і 32 мм. Більш складний в виконанні.

Чотирьохтрубний геотермальний зонд - складається з чотирьох труб і накінецьника. Застосовується для збільшення потужності геотермального контуру до 20% в холодних регіонах. Один з найбільш оптимальних в монтажі.

Основний вид конструкції геотермального зонда: пластикові труби (ПНД) діаметром 25 - 40 мм, які герметично з'єднані внизу спеціальної Ц-образної муфтою, утворюючи довгий Ч-образний канал, заповнений розсолом. У продажу є готові зонди і окремо наконечники і труби, які з'єднуються між собою пайкою. Труби перед початком експлуатації обов'язково спресовуються. Складання здійснюється за допомогою колектора. З'єднання здійснюється за допомогою фітингів і електро муфтової зварювання.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища.

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Система теплопостачання побудовано для забезпечення будинка гарячою водою для системи опалення та підігріву води.

У даній дипломній роботі запроектовано основне обладнання для теплопостачання: тепловий насос; циркуляційні та подаючі насоси системи опалення; трубопроводи, арматура покриті тепловою ізоляцією для зменшення теплових втрат.

В даному розділі запропоновані технічні рішення з безпеки експлуатації робочих приміщень, технологічного обладнання, запобіганню електротравм і визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

Вимоги щодо монтажу основного обладнання Усі основні планувальні рішення по теплому пункту було прийнято з урахуванням вимог ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі», у тому числі: Під час монтажу усі трубопроводи ізолюються. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно схеми, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія. Компоновка основного та допоміжного устаткування в приміщенні теплового пункту виконано згідно з нормативним документом: 1) Проектом теплового пункту передбачена монтажна (ремонтна) площадка. 2) Розширювальні баки, які працюють під тиском вище 0,07 МПа, відповідають вимогам. 3) Кожний водо-водяний підігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, відповідно вимогам. 4) За проектом передбачено проектувати підлогу для стоку води з нахилом 0,01 до сторони водозбірного приямка, його мінімальні розміри 0,5 x 0,5 м при глибині не менше 0,8 м. Приямок повинен бути перекритим знімною решіткою. 5) Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у приміщенні теплового пункту.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою виникнення можливих електротравм при експлуатації електрообладнання теплопункту проектом його реконструкції передбачено:

- ізоляція нормально струмоведучих частин з опором $R_{зг} \geq 1$ кОм; допускається експлуатація електроустановок при зниженні опору ізоляції до 0,5 кОм;
- блокуюче та огорожуюче обладнання виконане так, щоб знімати чи відкривати його можна тільки за допомогою ключів чи інструменту;
- живлення ламп накаливання загального освітлення здійснюється від трифазної мережі перемінного струму 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю, та занулення висота підвішування ламп 3,5м; – передбачено мережу розеток 12 В для переносного освітлення;

З метою захисту людей від ураження електричним струмом при переході напруги на неструмовідні частини установок проектом реконструкції тепло пункту передбачено:

-занулення всіх корпусів електродвигунів насосів та регулюючих клапанів, так як вони можуть бути під напругою при пошкоджені ізоляції. Занулення дає змогу виключити небезпеку ураження електричним струмом людей при пробі на корпус обладнання одною з фаз мережі. Це досягається завдяки швидкому вимиканню, максимальним струмовим захистом ділянки, на якій виникло замикання на корпус. При зануленні пробій на корпус приводить до короткого замикання фази (контур: нульовий провідник – фаза – фазовий провідник - корпус споживача – нульовий провідник). Спрацьовує захист від короткого замикання (автомат з струмовим захистом), та пошкоджений провідник вимикається від мережі.

При цьому використовуються вимоги ПУЕ – 2006 до схеми занулення:

- забезпечується необхідна кратність струму короткого замикання;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечується цілісність нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника;
- контроль занулення проводиться при вводі в експлуатацію, перевірка здійснюється кожні 5 років;
- у нульовому проводі не дозволяється установка роз'єднувачів та інших приладів розриву електричної мережі;
- не дозволяється використовувати трубопроводи в якості нульового робочого проводу.

Екологічну безпеку забезпечують дотримання встановлених вимог охорони навколишнього середовища, вимог до чистоти будівель, приміщень і прилеглих територій, наявність у виконавця достатньої інформації про технічні характеристики місць, що підлягають прибиранню, яке надає споживач послуг, щоб виключити шкідливу взаємодію з деякими хімічними засобами і можливість збитку.

- Технологічне устаткування й інвентар для прибирання слід зберігати чистими і справними у відведених для цих цілей приміщеннях, за винятком машин для мокрого і сухого прибирання великих площ акумуляторного типу (кислотних), які повинні зберігатися в сухих провітрюваних приміщеннях відповідно до ГОСТ 23216.
- Хімічні засоби повинні зберігатися тільки в оригінальній упаковці фірм-виробників в спеціально відведених місцях відповідно до ГОСТ 12.1.004. 4.4 Відходи, що утворюються при проведенні операцій по прибиранню і прибирання після від'їзду, підлягають розміщенню відповідно до вимог.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел інформації

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145.
2. Мацевитый Ю.М., Чиркин Н.Б., Клепанда А.С., Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное внедрение в Украине // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. –2014. – № 2 (120). – с. 2 – 17.
3. Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference, Las Vegas, 2005
4. Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference, Zurich, 2008
5. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference, Tokyo, 2011
6. Новое поколение геотермальных тепловых насосов Danfoss. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.danfoss.com/>.
7. Степаненко В. А., Афанасьев А. С. «Тепловые насосы в системах теплоснабжения и кондиционирования городов и зданий Украины в 21 веке» // Международная конференции "Тепловые насосы в странах СНГ", 2013 г., г. Алушта (Крым, Украина).
8. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272 с.
9. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами [Текст]. – Чинний від 2010-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 51 с.
10. Пісарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки. Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 124 с.
11. Холодильні установки. Проектування: Учебный посібник / Чумак І.Г., Лагутін А.Ю., Лар'яновський С.Ю., та ін.; Під ред. докт. тех. Н. проф. І.Г. Чумака. – 4-е вид. переробл. і доп. – Одеса: Друк, 2008. – том 3, –156 с.
12. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, Вентиляція та Кондиціювання. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. - 141 с.
13. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній трубопровід та каналізація. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. - 104 с.
16. ДБН В.2.5-31:2016 Теплова ізоляція будівель: Мінрегіонбуд України, 2017. - 141 с.
14. Viessmann Примеры установок 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.viessmann.ua/uk/sluzhby/broshury-dla-skachuvannia.html>

					КРБ.ХУКП.1.487-03.2.12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103