

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»
 Завідувач кафедри теплотехніки
к.т.н., доцент Г.О. Кобалава
« 10 » червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **«Розробка систем теплопостачання двоповерхового котеджу
площею 700 м²»**

Виконав: студент IV курсу, групи **4247**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Теплоенергетика»

(назва освітньо-професійної програми)



Олександр КОРЕНКОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник

Юрій ШАПОВАЛОВ

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Віктор САМОХВАЛОВ

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2026

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інститут, факультет ХННІ НУК, енерготехнічний факультет
Кафедра теплотехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 **к.т.н., доц. В.С. Корнієнко**

« 22 » квітня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

здобувач **Коренков Олександр Олегович, група 4247**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Розробка систем теплопостачання двоповерхового котеджу площею 700 м²**

керівник роботи **Шаповалов Юрій Олександрович, канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ**

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

затверджені розпорядженням директора ХННІ НУК від « 22 » квітня 2026 року № 293уч

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2026 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.

Розділ 2. Розробка системи водяного опалення.

2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

2.2. Тепловий баланс котеджу

2.3. Розрахунок надходжень теплоти в приміщення, складання рівняння теплового балансу і визначення теплової потужності системи опалення

2.4. Визначення питомої витрати теплоти на опалення приміщення

2.5. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів

2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір зразка і кількості опалювальних приладів

2.7. Розробка аксонометричної схеми системи опалення

2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця. Підбір циркуляційного насосу

2.9. Визначення ємності бака розширювача.

Розділ 3. Розробка теплої підлоги

3.1. Загальні відомості про теплу підлогу

3.2. Бетонна система водяної теплої підлоги

3.3. Безбетонна (настільна) система водяної теплої підлоги

3.4. Дерев'яна система модульного і рейкового типу ВТП

3.5. Вибір труб для теплої підлоги

3.6. Конструктивні особливості і склад систем

3.7. Тепло- та гідроізоляція

3.8. Вибір конструкції
 3.9. Опис теплої підлоги та вимоги до неї
 3.10. Гідравлічний розрахунок теплої підлоги
 Розділ 4. Розробка теплообмінного апарата
 4.1. Призначення, принцип дії, визначення початкових параметрів
 4.2. Розрахунки теплообмінного апарата: теплові, гідравлічні, на міцність.
 Розділ 5. Розробка заходів з охорони праці.
 Висновки.
 Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План котеджу з розташуванням системи опалення
2. Аксонометрична схема системи опалення
3. Аксонометрична схема системи вентиляції
4. Аксонометрична схема системи опалення (теплої підлоги)
5. План котельні.

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

Оформлення кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності з вимогами ЄСКД та ДСТУ.
 Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

Дата представлення на кафедрі « 10 » червня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

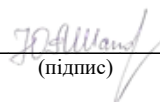
№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника	28 квітня	вик
2.	Вступ + розділ 1 + план-схема об'єкту на місцевості	до 07 травня	вик
3.	Розділ 2 + аксонометрична схема системи опалення	до 15 травня	вик
4.	Розділ 3 + Аксонометрична схема системи опалення (теплої підлоги)	до 23 травня	вик
5.	Розділ 4 + конструктивний вузол: водо-водяний підігрівач	до 02 червня	вик
6.	Розділ 5 + висновки	до 06 червня	вик
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедрі	до 10 червня	вик

Здобувач


(підпис)

Олександр КОРЕНКОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Юрій ШАПОВАЛОВ
(прізвище та ініціали)

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Коренков О.О.			Розробка систем теплопостачання двоповерхового котеджу площею 700 м ²		
Керівник		Шаповалов ЮО					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Кобалава Г.О.			Літ. Арк. Аркуші 4 ХННІ НУК 4		

АНОТАЦІЯ

Коренков Олександр Олегович, група 4247.

«Розробка систем теплопостачання двоповерхового котеджу площею 700 м²».

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації бакалавр за спеціальністю 144 Теплоенергетика (освітньо-професійна програма «Теплоенергетика»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсон, 2026 р.

Для двоповерхового котеджу розроблено систему водяного опалення. На основі теплового балансу визначено теплову потужність системи. В якості опалювальних приладів прийняті сталеві радіатори. Розраховано площу поверхні опалювальних приладів, обрано їх тип та кількість.

Для потреб опалення та підігріву гарячої води прийнятий німецький котел «Viessmann VITOGAS 100-F». Корисна потужність котельного агрегату 60 кВт. Розроблено аксонометричні схеми: системи опалення, водопостачання та проведені гідродинамічні розрахунки найбільш навантажених ділянок трубопроводів, визначені діаметри труб та підібране сучасне обладнання.

Розглянуті системи водяної теплої підлоги, їх конструктивні особливості і склад систем. Зроблений розрахунок теплої підлоги.

Розроблена конструкція кожухотрубного теплообмінного апарата.

Розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: система опалення, система водяної теплої підлоги, теплообмінний апарат.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Oleksandr Korenkov, Group 4247.

“Development of heat supply systems for a two-story cottage with an area of 700 m².”

Bachelor's thesis for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 "Thermal Power Engineering" (educational program: "Thermal Power Engineering"). Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, 2026.

The explanatory note to the bachelor's thesis consists of the following sections: introduction, five chapters, conclusions, and a list of references.

A water heating system was designed for the two-story cottage. The system's thermal capacity was determined based on the heat balance. Steel radiators were selected as the heating devices. The surface area of the heating devices was calculated, and their type and quantity were selected.

A German “Viessmann VITOGAS 100-F” boiler was selected for heating and hot water supply. The useful capacity of the boiler unit is 60 kW. Axonometric diagrams were developed for the heating and water supply systems, and hydrodynamic calculations were performed for the most heavily loaded sections of the piping; pipe diameters were determined, and modern equipment was selected.

Water-based underfloor heating systems, their design features, and system composition were examined. Calculations for the underfloor heating system were performed.

The design of a shell-and-tube heat exchanger was developed.

Occupational safety issues were addressed.

Keywords: heating system, water-based underfloor heating system, heat exchanger.

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ	
1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання	
1.2. Системи життєзабезпечення котеджу	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень.....	
2.2. Тепловий баланс котеджу	
2.3. Розрахунок надходжень теплоти в приміщення, складання рівняння теплового балансу і визначення теплової потужності системи опалення.....	
2.4. Визначення питомої витрати теплоти на опалення приміщення.....	
2.5. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів.....	
2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір зразка і кількості опалювальних приладів.....	
2.7. Розробка аксонометричної схеми системи опалення з нанесенням на неї опалювальних приладів, стояків, магістральних теплопроводів та інших елементів.....	
2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця. Підбір циркуляційного насосу за типом та параметрами.....	
2.9. Визначення ємності бака розширювача	
2.10. Висновки за розділом.....	

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ
3.1. Загальні відомості про теплу підлогу.....
3.2. Бетонна система водяної теплої підлоги
3.3. Безбетонна (настільна) система водяної теплої підлоги.....
3.4. Дерев'яна система модульного і рейкового типу ВТП
3.5. Вибір труб для теплої підлоги.....
3.6. Конструктивні особливості і склад систем.....
3.7. Тепло- та гідроізоляція.....
3.8. Вибір конструкції
3.9. Опис теплої підлоги та вимоги до неї
3.10. Гідравлічний розрахунок теплої підлоги
3.11. Висновки за розділом.....
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА
4.1. Призначення, принцип дії, визначення початкових параметрів.....
4.2. Розрахунки теплообмінного апарата: теплові, гідравлічні, на міцність
4.3. Висновки за розділом.....
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....
5.1. Інструкція з охорони праці при експлуатації котельної установки.....
5.2. Інструкція з техніки безпеки при експлуатації системи водяної теплої підлоги
ВИСНОВКИ.....
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку суспільства існують усі передумови для суттєвого поліпшення якості життя, де головною метою є створення оптимальних умов для життєдіяльності людини. Суттєвий вплив на стан організму та його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у приміщеннях. Під цим поняттям розуміють умови внутрішнього середовища, що безпосередньо впливають на тепловий обмін людини з оточенням. Стан мікроклімату визначається сукупністю фізичних параметрів: температурою, швидкістю руху, вологістю та барометричним тиском повітря, а також інтенсивністю інфрачервоного випромінювання та температурою поверхонь.

Останнім часом в Україні спостерігається тенденція до розвитку індивідуального будівництва, зокрема котеджів та малоповерхових будівель. Разом із цим, істотне зростання споживання енергії та постійне підвищення вартості всіх видів палива ставлять перед інженерами завдання щодо пошуку шляхів економного витрачання теплоти на всіх етапах — від її вироблення до постачання кінцевому споживачу. Основними серед тепловитрат на комунально-побутові потреби в будівлях є витрати на опалення. Це зумовлено кліматичними особливостями України, де в зимовий період втрати теплоти через огорожувальні конструкції значно перевищують внутрішні тепловиділення.

Для вирішення цих завдань необхідно мінімізувати економічні витрати шляхом впровадження новітнього обладнання, сучасних матеріалів та систем автоматизації. Сучасні газові опалювальні котли для індивідуальних систем мають функції програмованого зниження потужності. Це дозволяє системі автоматично переходити в економний режим у періоди мінімальної потреби в теплі (наприклад, у денні часи або вночі), що значно зменшує витрати палива.

У даній роботі для опалення житлових приміщень розробляється схема «тепла підлога», яка є однією з найбільш економних та комфортних систем. На відміну від традиційних радіаторів, що розташовуються вздовж стін і спрямовують тепле повітря вгору (створюючи перегрів під стелею та недостатній прогрів у робочій зоні), система теплої підлоги забезпечує рівномірний розподіл

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тепла безпосередньо від поверхні підлоги. Такий підхід дозволяє досягти високого рівня теплового комфорту при менших енерговитратах.

Мета роботи: Розробка систем теплопостачання двоповерхового котеджу площею 700 м².

Завдання: розробка ефективної системи теплопостачання двоповерхового котеджу з оптимальними параметрами енергоефективності.

Основну увагу необхідно приділити питанню зменшення економічних витрат, використанню нового обладнання та сучасних матеріалів для систем теплопостачання котеджу.

Розробити високотехнологічну, сучасну і раціональну систему водяного опалення. Вибрати необхідне обладнання для забезпечення працездатності системи. Розробити схему «теплої підлоги».

Об'єкт розробки: двоповерховий котедж загальною площею 700 м², має підвальні приміщення. Розташований в місті Миколаєві.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи складає ____ стор., містить 13 рисунків та 9 таблиць, 5 креслень графічної частини.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1			
Студент		Коренков О.О.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ

1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання

Котедж, для якого проводиться розробка систем теплопостачання, розташований в місті Миколаєві. Будинок двоповерховий, має підвальні приміщення. Будинок розрахований на постійне проживання п'яти членів родини та 2...4 гостей. Загальна площа будинку 700 м².

Місце розташування будинку відноситься до 3-Б кліматичного підрайону 3-го кліматичного району. Рельєф місцевості спокійний. Розрахункова зимова температура -19°C. Швидкісний напір вітру 38 кг/м². Ґрунт – лісоподібний суглинок. Споруда запроектована для району із сейсмічністю до 6 балів.

Будинок має залізобетонний фундамент, стіни складаються з чотирьох шарів:, газобетон, розчин цемент-пісок, цементна штукатурка, утеплювач – мінеральна вата. Металеві ворота в гаражі розміром 2800x3000 мм, металопластикові вікна мають розміри 1750 x1600 мм, входні двері 900 x2100 мм.

Розрахункова температура у приміщеннях визначаємо за ДСТУ Б EN 15251:2011.

Температура зовнішнього повітря визначається як середня температура найбільш холодної п'ятиденки за 8 самих холодних зим за останні 50 років.

План першого, другого та підвального поверху котеджу приведено у графічній частині.

1.2. Системи життєзабезпечення котеджу

До складу систем життєзабезпечення котеджу входять наступні системи: опалення; газопостачання; водопостачання; каналізації; вентиляції.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система опалення

Головним завдання системи опалення - компенсувати теплові втрати будинку через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, перекриття). Системи опалення розраховуються так, щоб забезпечити мінімальну необхідну температуру в приміщенні [1].

Система опалення двотрубна з насосною циркуляцією, з верхнім розведенням, температуру гарячої води $T_1=90^{\circ}\text{C}$, $T_2=70^{\circ}\text{C}$.

На опалення та підігрів гарячої води для об'єкту є автономний котел.

В якості підігрівальних пристроїв обрано сталеві радіатори.

При нагріванні температура рідини-теплоносія в ньому підвищується. При нагріванні рідина розширюється. Для виключення цього і застосовуються розширювальний(компенсаційний) бак.

Теплоізоляція труб – просте і ефективне рішення проблем раціонального використання тепла. Труби системи опалення ізолювані та прокладені в підлозі. В якості ізоляції прийнято пінофол.

Теплу підлогу прокладено в наступних приміщеннях: кухня, тамбур та всіх санвузлах. Температуру теплоносія приймаємо $T_3=45^{\circ}\text{C}$, $T_4=35^{\circ}\text{C}$ [8].

Сучасні газові котли опалення, призначені для установки індивідуального опалення, володіють зниженою функцією роботи. У такому зниженому режимі роботи котел вранці і ввечері (коли господарі знаходяться в будинку) працює нормально, а вдень (коли господарі на роботі) і вночі котел автоматично переходить до зниженого економного режиму роботи, витрачаючи при цьому меншу кількість палива.

Крім того, при установці сучасного індивідуального опалення широко застосовуються датчики кімнатної температури. Ці датчики, встановлювані в окремій кімнаті, здійснюють вимірювання температури повітря, керують роботою котла. Подібний підхід до регулювання автономного опалення дозволяє досягати її найбільшої ефективності, комфорту, а також економії теплоносія.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система газопостачання

Проектування систем газопостачання слід виконувати згідно із затвердженими схемами газопостачання України, областей, районів, міст, селищ та сіл, які повинні розроблятися на основі схем і проектів, генеральних планів населених пунктів з урахуванням розвитку їх на перспективу та згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2018.

Виготовляють труби для газопроводів з низьковуглецевої сталі звичайної якості відповідно до ДСТУ 2651:2005.

Система водопостачання

Внутрішній водопровід - система трубопроводів і пристроїв, що забезпечує подачу води до санітарно-технічних приладів, пожежних кранів і технологічного устаткування, обслуговуюча одну будівлю або групу будівель і споруд і що має загальний водовимірювальний пристрій від мережі водопроводу населеного пункту або промислового підприємства [5].

У будинку запроектовано господарсько-питний водопровід. Якість води відповідає вимогам води ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Вода для гарячого водопостачання повинна бути такої ж якості, що і питна, тому що вона використовується для гігієнічних та господарсько-побутових цілей (миття посуду, продуктів і т. д.).

Для водопостачання котеджу прийнято поліетиленову трубу. Поліетиленова труба для водопостачання відрізняється підвищеною міцністю і еластичністю, високою стійкістю до корозійного впливу, малою масою, низькою теплопровідністю, а також гладкою внутрішньою поверхнею. Труби системи гарячого водопостачання ізолювані та прокладені в підлозі та стінах. В якості ізоляції прийнято пінофол.

Система каналізації

Внутрішня каналізація - система трубопроводів і пристроїв в об'ємі, обмеженому зовнішніми поверхнями огорожувальних конструкцій і випусками до першого оглядового колодязя, яка забезпечує відведення стічних вод від санітарно-

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

технічних приборів і технологічного обладнання і при необхідності локальними очисними спорудженнями.

Систему каналізації трубопроводів, будівель, що прокладаються, належить виконувати відповідно до ДБН В.2.5-64-2012 «Внутрішній водопровід і каналізація». В системі каналізації використано труби з полівінілхлориду(пластикові). Пластикові каналізаційні труби в першу чергу значно дешевше і легше в монтажі, також вони значно легші ніж сталеві, чавунні.

Система вентиляції

Система вентиляції - видалення повітря з приміщення і заміна його свіжим, в необхідних випадках, обробленим повітрям. Вентиляція створює умови повітряного середовища, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі [5].

Вимоги до систем вентиляції встановлюються державними санітарно-гігієнічними нормами, ДБН В.2.5-67:2013, а також вимогами технологічних процесів. Залежно від типу та призначення приміщення, ці вимоги регламентують продуктивність вентиляції, гранично допустиму концентрацію (ГДК) шкідливих речовин в приміщеннях, температуру та вологість повітря, рівень шуму, що генерується чи передається вентиляційною системою, швидкість потоку повітря у повітропроводах та інші параметри.

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.01</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2			
Студент		Коренков О.О.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

Для визначення величини опору теплопередачі R , $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, скористаємося наступною формулою:

$$R_{cm} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт},$$

де R_i – тепловий опір конструкції стіни;

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стіни,

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [6];

$\alpha_{\text{н}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні огороження до зовнішнього повітря, $\alpha_{\text{н}} = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [6].

Для конструкції стіни R_i розраховуються за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт},$$

де δ – товщина шару стіни, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; [6]

Для приведеної конструкції зовнішніх стін опір теплопередачі огороження має вигляд:

$$R_{cm} = \frac{1}{23,3} + \frac{0,525}{1,33} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{8,7} = 0,581 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

Звідси $K_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$$K_{cm} = \frac{1}{R_{cm}} = \frac{1}{0,581} = 1,72 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Термічний опір для стелі, воріт не розраховуються, а в подальших розрахунках приймається коефіцієнт теплопередачі k .

Коефіцієнт теплопередачі вікон, згідно з таблицею [10], для потрібного застосування в металопластикових вікон:

$$K_{\text{вік}} = 1,64 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{вік}} = 0,53 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі метало пластикових і металевих дверей, згідно з таблицею [10] , для подвійного засклення в дерев'яних відокремлених рамах:

$$K_{\text{дв.мет.плас}} = 4.76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{дв.мет.плас}} = 0,21 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$K_{\text{дв.мет}} = 2.43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{дв.мет}} = 0,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт.}$$

2.2. Тепловий баланс котеджу

Втрати через навколишні огорожувальні конструкції складаються з втрат через зовнішні стіни, підлогу та ворота. Розрахуємо втрати для кожного з огорожень окремо.

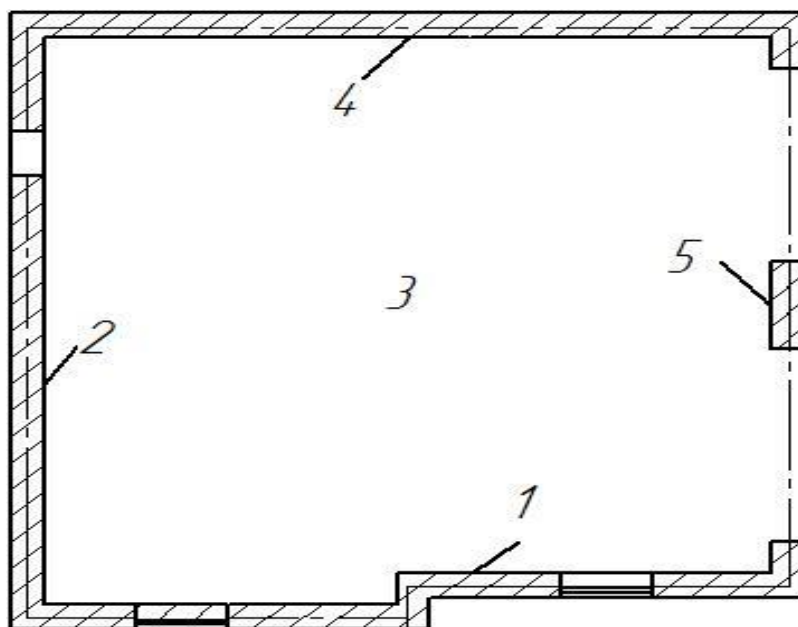


Рис. 2.1. План гаражного приміщення

1. Зовнішня стінка з 2 вікнами.
2. Внутрішня стінка з дверима.
3. Підлога щорозміщена на ґрунті.
4. Внутрішня глуха стінка.
5. Зовнішня стінка з 2 металевими воротами.

Розраховуємо теплові втрати через зовнішні стіни 1і 5 та підлогу 3. Втрати через конструкції 4,5,6 з розрахунку виключаємо, оскільки різниця температур повітря у гаражі та цих приміщеннях не перевищує 5 градусів.

Зовнішня стіна з 2 вікнами.

Висота стіни приймається як сума висоти приміщень і перекриття

$$h_1 = h_{\pi} + \delta_{\text{пер}} = 3,67 + 0,3 = 3,97 \text{ м};$$

$$\text{ширина} \quad a_1 = a + \delta = 6,5 + 0,525 = 7,025 \text{ м};$$

$$\text{площа стіни} \quad F_{\text{ст}} = h_1 \cdot a_1 = 3,97 \cdot 7,025 = 27,9 \text{ м}^2;$$

$$\text{площа вікон} \quad F_{\text{вік}} = h_{\text{вік}} \cdot c = 1,75 \cdot 1,60 = 2,8 \text{ м}^2;$$

$$\text{площа дверей} \quad F_{\text{дв}} = h_{\text{дв}} \cdot c = 0,8 \cdot 2,0 = 1,6 \text{ м}^2;$$

площа стіни з урахуванням площі засклення та воріт

$$F_1 = F_{\text{ст}} - F_{\text{вік}} = 27,9 - 2,8 = 25,1 \text{ м}^2.$$

Визначимо втрати через зовнішню стінку.

$$Q_{\text{втр}}^{\text{осн}} = \sum_{i=1}^m k_i F_i (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{б}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i = \sum_{i=1}^m \frac{F_i}{R_i} (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{б}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i,$$

де k_i – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій, Вт/(м²К) (або $R_i = \frac{1}{k_i}$ –

термічний опір теплопередачі, м²К/Вт);

F_i – площа окремих зовнішніх конструкцій, м²;

$t_{\text{вн}}$ – температура повітря всередині приміщення, °С;

$t_{\text{н}}^{\text{б}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, °С ($t_{\text{н}}^{\text{б}} = -20^{\circ}\text{C}$ [9]табл. 2.1);

n_i – коефіцієнт, який враховує зниження різниці температур в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції ([9]табл. 4.1);

β_i – додаткові втрати теплоти у долях від основних втрат ([9]табл. 4.2).

Втрати через стінку з двома вікнами:

$$Q_{\text{ст1}} = 1,33 \cdot 24,8 + 2,8 \cdot 1,64 \cdot (12 - (-20))(1 + 0,25) = 1466 \text{ Вт}$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зовнішня стіна з двома металевими воротами:

$$Q_{cn4} = 1.33 \cdot 13,1 + 16,8 \cdot 3,23(12 - (-20))(1 + 0,2) = 2839 \text{ Вт}$$

Теплові втрати через підлогу розраховуються за формулою:

$$Q_{під} = \sum_1^4 \frac{F_i}{R_i} (t_{вн} - t_{н}^B) \cdot (1 - \sum \beta_i) \cdot n$$

Отже для не утеплювальної підлоги

$$\begin{aligned} \sum_1^4 \frac{F_i}{R_i} &= \frac{2b_2 + 2a_2}{R_1} + \frac{2(b_2 - 2) + 2(a_2 - 4)}{R_2} + \frac{2(b_2 - 4) + 2(a_2 - 6)}{R_3} + \frac{(b_2 - 6)(a_2 - 6)}{R_4} = \\ &= \frac{2 \cdot 7,025 + 2 \cdot 7,525}{2,15} + \frac{2(7,025 - 2) + 2(7,525 - 4)}{4,30} + \frac{2(7,025 - 4) + 2(7,525 - 6)}{8,6} + \\ &+ \frac{(7,025 - 6)(7,525 - 6)}{14,20} = 17,16 \text{ Вт / K}. \end{aligned}$$

Отже для підлоги втрати становитимуть:

$$Q_{під} = 17,16 \cdot (12 - (-20))(1 + 0,25) = 686 \text{ Вт}$$

Загальні втрати через огороження

$$Q_{oz} = Q_{cm1} + Q_{cm2} + Q_3 + Q_{під} = 1466 + 2839 + 686 + 999 = 5989 \text{ Вт}$$

Визначимо теплові втрати на підігрів повітря, що інфільтрується у приміщення.

Основні конструкції, через які інфільтрується повітря, засклення та ворота.

$$\begin{aligned} Q_{інф} &= 0,28 \sum G_{інф} c(t_{вн} - t_{н}^B) \cdot k \\ \sum G_{інф} &= \frac{0,21 \sum \Delta p_1^{0,67} A_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta p_2^{0,5} A_2}{R_2} \end{aligned}$$

де Δp – різниця тиску повітря на зовнішніх та на внутрішніх поверхнях відповідно вікон – Δp_1 , та зовнішніх дверей – Δp_2 ;

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

A_2 та R_2 – відповідно площа зовнішніх дверей, м^2 та опір їх проникненню повітря через них (R_2), $\text{м}^2 \cdot \text{год} / \text{кг}$.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Згідно розрахунків $A_1 = F_{\text{вік}} = 2 \cdot 1,53 = 3,06 \text{ м}^2$, $A_2 = 16,8 \text{ м}^2$,

$A_1 = F_{\text{вік}} = 1,53 \text{ м}^2$, $A_2 = F_{\text{двм}} = 2 \cdot 8,4 = 16,8 \text{ м}^2$,

$R_1 = 1,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{год) / кг}$ та $R_2 = 0,14 \text{ (м}^2 \cdot \text{год) / кг}$.

$$\Delta p_i = (h_{\text{буд}} - h_i) \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_v) + 0,3 \rho_n v^2,$$

де $h_{\text{буд}} = 2 \cdot h_{\text{п}} + 2 \cdot \delta_{\text{пер}}$ – розрахункова висота будівлі;

h_i – розрахункова висота від рівня землі до верху вікон чи дверей, м;

ρ_n та ρ_v – густина повітря зовнішнього та в приміщенні відповідно, кг/м^3 ;

v – швидкість повітря, м/с .

Приймаємо висоту від підлоги для вікон $h_1 = 2,5 \text{ м}$ і для дверей $h_2 = 2,8 \text{ м}$.

Висота будівлі $h_1 = 2 \cdot h_{\text{п}} + 2 \cdot \delta_{\text{пер}} = 3 + 3,67 + 2 \cdot 0,3 = 7,27 \text{ м}$, швидкість повітря приймаємо $v = 5 \text{ м/с}$ [18].

Для засклення та воріт:

$$\Delta p_1 = (7,27 - 2,5) \cdot 9,81(1,396 - 1,213) + 0,3 \cdot 1,396 \cdot 5^2 = 19,03 \text{ Па}$$

$$\Delta p_2 = (7,27 - 2,8) \cdot 9,81(1,396 - 1,213) + 0,3 \cdot 1,396 \cdot 5^2 = 18,5 \text{ Па}.$$

Витрати повітря, що інфільтрується в приміщення

$$\sum G_{\text{інф}} = \frac{0,21 \cdot 19,03^{0,67} \cdot 3,06}{1,73} + \frac{18,5^{0,5} \cdot 16,8}{0,14} = 519 \text{ кг/год.}$$

Втрати теплоти

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \cdot 519 \cdot 38 \cdot 0,8 = 4416 \text{ кВт}$$

Загальні втрати теплоти у приміщенні

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{оз}} + Q_{\text{інф}} = 6121 + 4416 = 10540$$

Результати розрахунків втрат зведемо у таблицю 2.1.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Результати розрахунків теплових втрат через огороження

Номер приміщення	Зовнішня конструкція	Орієнтація за стор.	Розміри огорожень, м	Площа конструкції $F_i, \text{м}^2$	Розрах. різниця температур, °C	К-т теплопередачі $k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Основні теплові втрати, Вт	Додаткові втрати у часах від основних				Повні теплові втрати, Вт
								β_1	β_2	β_3	β_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
101	Стіна з 2-ма вікнами	Пд	3,67+0,3х6,5+0,525	27,9								
	Вікно з 3-м склом		2х0,9х1,7	3,05	32	1,64	160	0,1	0,15			200
	Цегляна стіна		27,9-3,05	24,8	32	1,39	1105	0,1	0,15			1326
	Стінка з 2 металевими воротами	Сх	3,67+,3х7+0,525	29,9								
	Ворота		2х2,8х3.0	16,8	32	3,23	1736	0,1			0,15	2171
	Цегляна стіна		29,9-16,8	13,1	32	1,39	581	0,1	0,1			698
	Глуха стіна	Зх	4,5+0,525х3,67+0,3	19,9	32	1,39	870	0,1	0,1			1044
	Підлога	-	6,5х7	-	32		549	0,1			0,15	686
	Всього											6124
102	Стіна з 2-а вікнами	Пн	3+0,3х6,6+0,525	23,5								
	Вікна з 3-м склом		2х1,75х1,6	5,6	38	1,64	349	0,10	0,15			436
	Цегл. стіна		23,5-5,6	17,9	38	1,33	905	0,10	0,15			1086
	Глуха стіна	Сх.	3+0,3х5,8+0,525	20,9	38	1,39	1102	0,05	0,15			1323
	Всього											2895
103	Стіна з вікном	Пн	3+0,3х7,2+0,525	25,5								
	Вікна з 3-м склом		1,75х1,6	2,8	35	1,64	160	0,10	0,15			193
	Цегл. стіна		25,5-2,8	22,7	35	1,39	1104	0,10	0,15			1325
	Всього											1518

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
104	Стіна з 2 вікном	3х	3+0,3х9 +0,525	31,4								
	Вікна з 3-м склом		2х1,75х 1,6	5,6	38	1,64	389	0,05	0,10			401
	Цегл. стіна		31,4-5,6	25,8	38	1,39	1364	0,05	0,10			1569
	Стіна з вікном	Пн	3+0,3х3, 3+0,525	12,6								
	Вікна з 3-м склом		1,75х1,6	2,8	38	1,64	175	0,10	0,15			218
	Цегл. стіна		12,6-2,8	9,8	38	1,39	518	0,10	0,15			649
	Стіна з вікном	Пд	3+0,3х 3,3	12,6								
	Вікна з 3-м склом		1,75х1,6	2,8	38	1,64	175	0,05	0,10			200
	Цегл. стіна		12,6-2,8	9,8	38	1,39	518	0,05	0,10			597
105	Всього		Σ									3634
	Стіна з дверима	Пд	3+0,3х4,8 +0,525	17,6								
	Двері		2,1х0,9	1,89	36	2,32	158	0,05	0,10			182
	Цегл. стіна		17,6-1,89	15,7	36	1,39	828	0,05	0,10			953
	Всього											1134
201	Стіна з 2 вікнами	Пн	3+0,3х 6,5+0,52	23,2								
	Вікна з 3-м склом		2х1,75х 1,6	5,6	38	1,64	349	0,10	0,15			436
	Цегл. стіна		23,2-5,6	17,6	38	1,39	929	0,10	0,15			1161
	Стіна з 2 вікнами	Сх	3+0,3х13 +0,525	44,6								
	Вікна з 3-м склом		1,75х1,6 +0,9х1,7	4,3	38	1,64	268	0,10	0,15			335
	Цегл. стіна		44,6-4,3	40,3	38	1,39	2130	0,10	0,15			2663
	Глуха стіна	Пд	3+0,3х6, 5+0,525	23,2	38	1,39	1224	0,05	0,10			1408
	Глуха стіна	3х	3+0,3х4, 4+0,525	16,3	38	1,39	859	0,05	0,10			987
	Стеля		-	65,4	23	2,23	-	0,10				10850
Всього												
					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02							Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата								

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
202	Стіна з вікном	Пн	3+0,3x2+0,525	8,3								
	Вікна з 3-м склом		0,9x1,7	1,53	38	1,64	95	0,10	0,15			119
	Цегл. стіна		8,3-1,53	6,8	38	1,39	359	0,10	0,15			449
	Стеля			1,6	23	2,23	82	0,10				94
	Всього											663
203	Стіна з вікном	Пн	3+0,3x2,8+0,525	11								
	Вікна з 3-м склом		0,9x1,7	1,53	38	1,64	95	0,10	0,15			119
	Цегл. стіна		11-1,53	9,4	38	1,39	498	0,10	0,15			623
	Стеля			10,9	23	2,23	559	0,10				643
	Всього											1386
204	Стіна з вікном	Пн	3+0,3x3,2+0,525	12,9								
	Вікна з 3-м склом		0,9x1,7	1,53	38	1,64	95	0,10	0,15			119
	Цегл. стіна		12,9-1,53	10,8	38	1,39	568	0,10	0,15			711
	Стеля			7,5	23	2,23	385	0,10				442
	Всього											1272
205	Стіна з вікном	Пн	3+0,3x3,3+0,525	12,6								
	Вікна з 3-м склом		0,9x1,7	1,53	38	1,64	95	0,10	0,15			119
	Цегляна стіна		12,6-1,53	11,1	38	1,39	586	0,10	0,15			732
	Стіна з 2 вікнами	3х	3+0,3x9+0,525	31,4								
	Вікна з 3-м склом		2x0,9x1,7	3,06	38	1,64	190,6	0,05	0,10			219
	Цегляна стіна		31,4-3,0	28,4	38	1,39	1499	0,05	0,10			1723
	Стіна з вікном	Пд	3+0,3x3,3+0,52	12,6								
	Вікна з 3-м склом		0,9x1,7	1,53	38	1,64	95	0,05	0,10			110
	Цегляна стіна		12,6+1,5	11,1	38	1,39	586	0,05	0,10			674
	Стеля			30,6	23	2,23	1569	0,10				1805
	Всього											5383
206	Стіна з вікном	Пд	0,3+3x6,6+0,52	23,5								
	Вікна з		09x1,7	1,53	38	1,64	95	0,05	0,10			110

	3-м склом											
	Цегляна стіна		23,5-1,5	22	38	1,39	1161	0,05	0,10			1335
	Стеля			6,5	23	2,23	333	0,10				383
	Всього											1828
207	Стіна з вікном	Пд	3+0,3х 2,7+0,52	10,6								
	Вікна з 3-м склом		1,6х1,75	2,8	38	1,64	175	0,05	0,10			201
	Цегляна стіна		10,6-2,8	7,8	38	1,39	414	0,05	0,10			476
	Стеля			10,3	23	2,23	528					607
	Всього											1,285
208	Стеля			1,3	23	2,23	67	0,10				77
	Всього											77
001	Стіна з 1 вікном	Пн	3+0,3х 16+0,525	54,5								
	Вікна з 3-м склом		1,6х0,5	0,8	36	1,64	47,2	0,10	0,15			59
	Цегляна стіна		54,5-0,8	53,7	36	1,39	2689	0,10	0,15			3361
	Стіна з 2 вікнами	Зх	3+0,3х5, 5+0,525	19,8								
	Вікна з 3-м склом		2х0,9х 0,5	0,9	36	1,64	53,1	0,05	0,10			61,1
	Цегляна стіна		19,8-0,9	18,9	36	1,39	950	0,05	0,10			1092
	Глуха стіна	Сх	3+0,3х 5,5+0,52	19,8	36	1,39	995	0,10	0,15			1244
	Підлога	-	16х5,5	-	36		1124	0,10	0,15			1405
	Всього											7222
002	Глуха стіна	Зх	3+0,3х6, 2+0,525	22,2	36	1,39	1111	0,05	0,10			1277
	Глуха стіна	Пд	3+0,3х 9,4+0,52	32,8	36	1,39	1639	0,05	0,10			185
	Підлога	-	6,5х9,4	-	36		767,4	0,10	0,15			959,2
	Всього											4121

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок надходжень теплоти в приміщення, складання рівняння теплового балансу і визначення теплової потужності системи опалення

Надходження теплоти в приміщення складається з надходжень тепла від людей та освітлення:

$$Q_{над} = Q_{л} + Q_{ел.ос}$$

$$Q_{л} = \beta_p \cdot \beta_{од} (2,5 + 10,3\sqrt{v_v}) \cdot (35 - t_{вн}) \cdot n_i$$

$$Q_{ел.ос} = N_{ел.ос} k$$

$$Q_{ел.обл} = N_{ел.обл} k$$

де $\beta_p, \beta_{од}$ – коефіцієнти, що враховують інтенсивність роботи, яку виконує робітник, теплозахисні якості одягу на ньому;

v_v – рухомість повітря в приміщенні, м/с;

$t_{вн}$ – температура в приміщенні, °С;

n_i – кількість людей у приміщенні;

k – коефіцієнт, що враховує долю переходу електроенергії в теплоту;

$N_{ел.ос}$ – потужність приладів освітлення, Вт;

$N_{ел.обл}$ – потужність електричного обладнання, Вт. [9]

Згідно [1, 3,] приймаємо для даних умов роботи і виду роботи людьми: $\beta_p = 1$

$\beta_{од} = 0,65$; $v_v = 0,1$ м/с; $t_{вн} = 16$ °С; $k = 0,95$ – для електричних ламп і $n_i = 4$.

Надходження тепла від людей

$$Q_{л} = 1 \cdot 0,65 \cdot (2,5 + 10,3\sqrt{0,1}) \cdot (35 - 16) \cdot 4 = 284 \text{ Вт}$$

В приміщенні встановлені 9 світильників, в кожному, з них, встановлено по 2 електричні лампи, потужністю 60 Вт.

Надходження тепла від електричного освітлення

$$Q_{ел.ос} = 60 \cdot 0,95 \cdot 2 \cdot 3 = 342 \text{ Вт}$$

Загальне надходження тепла в приміщення становитиме:

$$Q_{над} = 284 + 342 = 626 \text{ Вт.}$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Рівняння теплового балансу для приміщення матиме наступний вигляд:

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{над}} + Q_{\text{інф}} = 6121 + 4415 = 10540 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{\text{с.о}} = Q_{\text{втр}} - Q_{\text{над}} = 10540 - 768 = 9771 \text{ Вт.}$$

Результати розрахунку балансу теплоти приміщень заносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Баланс теплоти системи опалення

Номер приміщення	Втрати			Надходження			$Q_{\text{с.о}}$
	$Q_{\text{ог}}$	$Q_{\text{інф}}$	$Q_{\Sigma \text{втр}}$	$Q_{\text{ел.ос}}$	$Q_{\text{л}}$	$Q_{\Sigma \text{над}}$	
101	6121	4416	10540	342	426	768	9771
102	2895	48	2943	228	254	482	2460
103	1518	22,3	1540	228	254	482	1618
104	3634	96	3731	285	508	793	2937
105	1134	16	1150	57	-	57	1093
201	10850	86	10930	798	381	1180	9754
202	663	15	678	57	-	57	621
203	1386	15	1401	114	-	114	1287
204	1272	16	1288	114	-	114	1174
205	5383	52	5435	285	382	667	4769
206	1728	16	1844	114	71	114	1443
207	1362	28	1390	114	-	114	1276
001	7222	14	7236	912	427	1339	5897
002	4121	-	4121	456	71	527	3594
Всього			54230				47340

2.4. Визначення питомої витрати теплоти на опалення приміщення

Питомі витрати теплоти на опалення одного приміщення визначається за формулою:

$$q = k_q \frac{Q_{co}}{V_{зов} (t_{вн} - t_n^b)},$$

де $V_{зов}$ – відповідно зовнішній об'єм споруди m^3 ;

$t_{вн}$ – середня температура у приміщеннях споруди, $^{\circ}C$;

t_n^b – розрахункова температура зовнішнього повітря $^{\circ}C$;

k_q – коефіцієнт що враховує місце розташування приміщення по поверхам та сторонам світу. Їх значення наведені у [10].

Розраховані питомі витрати теплоти на опалення споруди порівнюють з питомою тепловою характеристикою по довідковим даним.

Для розрахунку питома витрата теплоти одного приміщення з урахуванням коефіцієнту k_q складає

$$q = 1,6 \frac{2460}{6,325 \cdot 3,3 \cdot 6,925 (18 - (-20))} = 0,46, \text{ Вт/м}^3$$

Порівнюючи отримане значення із значенням $q_{нум}$, для житлових будинків $q_{нум}=0,49$ за нормами [10], можна зробити висновок про виконання вимоги $q < q_{нум}$.

2.5. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів

На цей час системи водяного опалення є найбільш поширені у системах теплопостачання.

При обранні типу системи опалення враховують:

- призначення об'єкту, для якого проектується система опалення;
- місце розташування на території об'єкту, на території міста, району, зони;
- особливості функціонування об'єкту;

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- технічні, екологічні, санітарні та інші вимоги згідно зі ДБН.

В моєму випадку системи водяного опалення двохтрубна, горизонтальна з нижнім розведенням і попутним рухом води.

У системах опалення використовують різні типи опалювальних приладів: радіатори (чавунні, сталеві); гладкотрубні реєстри; оребрені труби; конвектори.

Для котеджу вибираємо сталеві радіатори тому, що вони простоті в експлуатації, довговічні та надійні.

Радіатори опалення, як правило, монтуються традиційним і найбільш простим способом - за допомогою паралельного з'єднання проточних каналів сталевих гладких труб значного діаметру.

конструкцію сталевих радіаторів можна представити як два сталеві листи з відштампованими поглибленнями для циркуляції теплоносія, зварені між собою. А також приєднаних одного, двох або трьох сталевих листів з п-подібним відбитком для циркуляції повітря. З тильного боку панель має П-подібні ребра, за допомогою яких досягається підвищення рівня тепловіддачі. Ці п-подібні пластини збільшують об'єм теплих мас у декілька разів. Лист сталі використовується завтовшки 1,2...2 мм. Конструкція, сполучена між собою поміщається в декоративну прямокутну панель і скріплюється з боків декоративними планками.

Дизайн радіатора сталевих стриманий, простий і привабливий, він може вписатися в будь-який інтер'єр. Гладка поверхня легко миється, при необхідності декоративна верхня коробка радіатора знімається, і внутрішня конструкція також піддається прибиранню. Стандартним кольором покриття є білий.

2.6 Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір зразка і кількості опалювальних приладів

Метою розрахунку є визначення поверхні теплообміну. Для підігріву повітря передбачається використовувати опалювальні прилади – сталеві радіатори з одною

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тепловіддаючою панеллю так як вони можуть працювати в запиленості і мають високі показники тепловіддачі.

Система опалення прийнята двотрубна, горизонтальна, з нижньою роздачею. У якості опалювальних приладів прийнято сталеві радіатори Kermi FKO11-500-1100, так як вони найбільше відповідають санітарно-гігієнічним нормам. Під час експлуатації створюється значна кількість пилу, саме тому недопустиме встановлення конвекторів, що значно ускладнить процес очищення поверхонь обігрівальних приладів. На сьогоднішній день радіатори є найбільш оптимальним варіантом обігріву житлових приміщень з точки зору простоти монтажу і високих показників тепловіддачі. Теплове навантаження системи опалення приміщення становить 2460 Вт.

Приймаємо кількість опалювальних приладів $n = 2$ шт. Оскільки система двотрубна горизонтальна, то будемо розглядати її як систему складену з двох гілок, подавальної і зворотної. У двотрубній системі опалення приймається що температура на вході в кожен прилад рівна і дорівнює $T_1 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на виході – $T_2 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вважаємо, що навантаження на всі приладів однакове, тоді

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\Sigma\text{пр}} / 2 = 2460 / 2 = 1230 \text{ Вт}$$

Знаючи теплове навантаження на один прилад вибираємо сталевий радіатор KERMI FKV11-500-1100 потужністю 1262 Вт.

2.7. Розробка аксонометричної схеми системи опалення з нанесенням на неї опалювальних приладів, стояків, магістральних теплопроводів та інших елементів

Для гідравлічного розрахунку виконують розрахунок теплової потужності системи опалення, обирають тип приладів для опалення, визначають їх кількість та розташування на планах будівлі для кожного приміщення, а також стояків та

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

магістралей, розробляють аксонометричну схему опалення з запірно-регулюючою арматурою.

Для виконання гідравлічного розрахунку необхідна розробка аксонометричної схеми системи опалення. На аксонометричній схемі наносяться усі стояки, опалювальні прилади, трубопроводи і інші елементи.

Система опалення двотрубна, горизонтальна, з нижнім розведенням та протилежним напрямом руху води. Аксонометрична схема зображена на кресленні.

На аксонометричній схемі кожна розрахункова ділянка системи опалення нумерується, також показуються умовні діаметри трубопроводів та арматура.

2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця. Підбір циркуляційного насосу за типом та параметрами

Виконаємо гідравлічний розрахунок системи, метою якого є визначення діаметрів трубопроводів, визначення втрат тиску на тертя у трубах та в місцевих опорах і за результатами розрахунку вибір насосу, для забезпечення циркуляції в системі опалення.

Вибираємо головне циркуляційне кільце. У якості ГЦК вибирають найбільш напружену частину системи з опалювальним приладом, у моєму випадку ГЦК буде пролягати через останній, найбільш віддалений, опалювальний прилад.

Гідравлічний розрахунок почнемо з визначення кількості витрати води на систему опалення в приміщенні

$$G = \frac{3,6 \cdot Q_{co}}{c \cdot (t_s - t_o) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} = \frac{3,6 \cdot 47340}{4,190 \cdot (90 - 70) \cdot 1,02 \cdot 1,02} = 1,971 \text{ кг/год}$$

Системи водяного опалення складні та розгалужені. При русі рідини по трубах завжди мають місце втрати тиску на здолаття опорів двох видів:

- тертя у лінійних ділянках труб;
- тертя у місцевих опорах, до яких відносять трійники, відводи, вентилі, крани, опалювальні пристрої, котли і тому подібне. [4]

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо втрати тиску на тертя та у місцевих опорах на кожній ділянці. Детальний розрахунок проведемо для 1 ділянки, для всіх інших ділянок проводиться аналогічно і зводиться до таблиці 2.3.

Ділянка 1.

Витрата води на ділянці $G_1=1971$ кг/год;

Трубопровід з умовним діаметром 32 мм, довжина ділянки $l = 0,5$ м.

За даними табл. [4] визначаємо питомі втрати тиску на тертя R , та швидкість руху води.

$R = 146$ Па/м; $w = 0,549$ м/с;

Також на 1 ділянці присутні втрати тиску в місцевих опорах.

Відвід під кутом 90° $\zeta = 0,3$; трійник на прохід $\zeta = 1,5$.

Втрати тиску на 1 ділянці становитимуть

$$\Delta p_1 = R_1 \cdot l_1 + \sum \zeta \cdot \frac{\rho_e \cdot w_1^2}{2} = 12 \cdot 2 + 1,8 \frac{964,54 \cdot 0,549^2}{2} = 334,6 \text{ Па}$$

Для інших ділянок розрахунок проводимо аналогічно.

Таблиця 2.4

Коефіцієнти місцевих опорів на ділянках головного циркуляційного кільця

Номер ділянки	d , мм	Попередній розрахунок	
		Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору
1	32	Відвід 90°	0,3
		Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma \zeta = 1,8$
2	32	Трійник на прохід	1,5
		Відвід 90°	0,3x4
			$\Sigma \zeta = 2,7$
3	32	Відвід 90°	0,3
		Раптове звуження	0,5x2
		Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma \zeta = 4,3$

Номер ділянки	d, мм	Попередній розрахунок	
		Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору
4	25	Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 1,5$
5	25	Відвід 90°	0,5
		Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 2$
6	25	Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 1,5$
7	25	Трійник на прохід	1,5
		Відвід 90°	0,5
		Раптове звуження	0,5
			$\Sigma\zeta = 2,5$
8	20	Відвід 90°	0,6
			$\Sigma\zeta = 0,6$
9	20	Раптове розширення	1
		Відвід 90°	0,6
			$\Sigma\zeta = 2,1$
10	25	Відвід 90°	0,5
		Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 2$
11	25	Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 2$
12	25	Трійник на прохід	1,5
		Відвід 90°	0,5
			$\Sigma\zeta = 2$
13	25	Трійник на прохід	1,5
		Раптове розширення	1
			$\Sigma\zeta = 2,5$
14	32	Раптове розширення	1
		Трійник на прохід	1,5
			$\Sigma\zeta = 2,5$
15	32	Трійник на прохід	1,5

Номер ділянки	d, мм	Попередній розрахунок	
		Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору
		Відвід 90°	0,3*4
			$\Sigma\zeta = 2,7$
16	32	Відвід 90°	0,3
			$\Sigma\zeta = 0,3$

2.9. Визначення ємності бака розширювача

При нагріванні температура рідини - теплоносія в ньому підвищується. При нагріванні рідина розширюється. Це призводить до збільшення її обсягу приблизно на 0,3% на кожні 10°C. Рідина практично нестислива і якщо система опалення не буде обладнана додатковим пристроєм, що дозволяє компенсувати цей об'єм, то неминуче відбудеться її руйнування. Для виключення цього і застосовуються розширювальні (компенсаційні) баки.

Корисна ємність розширювального баку визначається за формулою:

$$V_{p.v} = \alpha \Delta t V_c,$$

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

Δt – зміни температури води у системі опалення;

V_c – об'єм води, що заповнює систему опалення.

Об'єм сталевого радіатора Kermi FKO11-500-1100 становить 2,25 л.

n – кількість радіаторів у будівлі.

Об'єм труби визначається :

$$V_{tr} = l \cdot \pi \cdot r^2$$

$$V_{tr1} = 32,2 \cdot 3,14 \cdot 0,016^2 = 0,026 \text{ м}^3$$

$$V_{tr2} = 54,2 \cdot 3,14 \cdot 0,0125^2 = 0,027 \text{ м}^3$$

$$V_{tr3} = 378 \cdot 3,14 \cdot 0,01^2 = 0,117 \text{ м}^3$$

$$V_{tr4} = 243 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2 = 0,049 \text{ м}^3$$

$$\Sigma V_{рад} = V_{рад} \cdot n = 0,025 \cdot 31 = 0,775 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{сис}} = \sum V_{\text{три}} + \sum V_{\text{рад}} = 0,994 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{р.в}} = 0,0006 \cdot (90 - 70) \cdot 0,994 = 0,012 \text{ м}^3$$

Для даного об'єкта приймаємо розширювальний бак Aquasystem VR на 24 літри. У якого максимальний робочий тиск 8 бар, робоча температура від мінус 10°C до плюс 100°C.

2.10. Висновки за розділом

В Розділі 2 проведено повний комплекс теплотехнічних та гідравлічних розрахунків для проєктування системи водяного опалення двоповерхового котеджу. За результатами роботи зроблено наступні висновки:

Розраховано величини опору теплопередачі та коефіцієнти теплопередачі для основних конструкцій будівлі (зовнішніх стін, вікон із потрійним заскленням та дверей), що стало основою для подальшого визначення енергетичних потреб споруди. Визначено сумарні теплові втрати приміщень котеджу через огорожувальні конструкції та на підігрів інфільтраційного повітря. З урахуванням теплових надходжень від людей та системи освітлення, загальна розрахункова теплова потужність системи опалення становить 47 340 Вт.

Проведено розрахунок питомої витрати теплоти на опалення споруди. Встановлено, що отримане значення q не перевищує нормативний показник для житлових будинків ($q < q_{\text{пит}} = 0,49 \text{ Вт/м}^3$), що підтверджує відповідність проєкту вимогам енергозбереження.

Для об'єкта обрано двотрубну горизонтальну систему водяного опалення з нижнім розведенням та попутним рухом теплоносія, що забезпечує стабільність гідравлічного режиму.

Як опалювальні прилади обрано сталеві панельні радіатори Kermi FKO 11-500-1100, які характеризуються високою тепловіддачею та відповідають санітарно-гігієнічним нормам.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Виконано розрахунок головного циркуляційного кільця, визначено оптимальні діаметри трубопроводів (від 20 до 32 мм) та втрати тиску на тертя і в місцевих опорах, що дозволило забезпечити необхідну циркуляцію води в системі.

Для компенсації температурного розширення теплоносія підібрано розширювальний бак Aquasystem VR об'ємом 24 літри.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3

Результати гідравлічного розрахунку теплопроводів системи водяного опалення

За схемою теплопроводів			За попереднім розрахунком								За остаточним розрахунком						
№ діл	$Q_{\text{діл}}$, Вт	$l_{\text{діл}}$, м	$G_{\text{діл}}$, кг/год	d , мм	w , м/с	R , Па/м	Rl , Па	$\Sigma \xi$	Z , Па	$(Rl+Z)$, Па	d , мм	w , м/с	R , Па/м	Rl , Па	$\Sigma \xi$	Z , Па	$(Rl+Z)$, Па
1	47340	0,5	1971	32	0,549	146	73	1,8	261,6	334,6							
2	46422	11,4	1933	32	0,531	139	1585	2,7	367,1	1952							
3	45280	0,7	1885	32	0,510	128	89,6	4,3	539,4	628,9							
4	23670	2,8	985,5	32	0,272	36,3	101,64	1,5	53,5	155,2							
5	18291	3,2	761,6	26	0,371	101	323,2	2	132,7	455,9							
6	8800	3,3	366,4	26	0,179	25,1	82,8	1,5	23,2	106							
7	4770	3,3	198,6	26	0,088	7,9	26,1	2,5	9,3	35,4							
8	1376	6	57,3	20	0,084	9,1	54,6	0,6	2,1	56,6							
9	1376	6	57,3	20	0,084	9,1	54,6	2,1	7,1	61,7							
10	4770	3,3	198,6	26	0,088	7,9	26,1	2	7,5	33,5							
11	8800	3,3	366,4	26	0,179	25,1	82,8	1,5	23,2	106							
12	18291	3,2	761,6	26	0,371	101	323,2	2	132,7	455,9							
13	23670	2,8	985,5	32	0,272	36,3	101,64	2,5	89,2	190,8							
14	45280	0,7	1885	32	0,510	128	89,6	2,5	313,5	403,1							
15	46422	11,4	1933	32	0,531	139	1585	2,7	367,2	1952							
16	47340	0,5	1971	32	0,549	146	73	0,3	43,6	116,6							
	$\Sigma (Rl+Z) = 7045$										$\Sigma (Rl+Z)$						

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3			
Студент		Коренков О.О.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ

3.1. Загальні відомості про теплу підлогу

Тепла підлога має явну перевагу перед радіаторним варіантом опалення завдяки рівномірному розподілу нагрітих повітряних мас в нижній частині приміщення.

Підлоги з підігрівом поділяються на два досить великих напрямки - водяна тепла підлога і електричні системи. У кожному напрямку є свої тонкощі і нюанси:

Обігрів електрикою в експлуатації буде коштувати на порядок дорожче, зате ці системи легше встановити, вони не мають обмежень по монтажу і саме устаткування обійдеться дешевше.

Водяна підлога в монтажі досить складна, плюс ціна на найпростіше і доступне обладнання вища, ніж на хорошу електричну систему. Але всі ці неприємні моменти з лишком окупаються під час експлуатації.

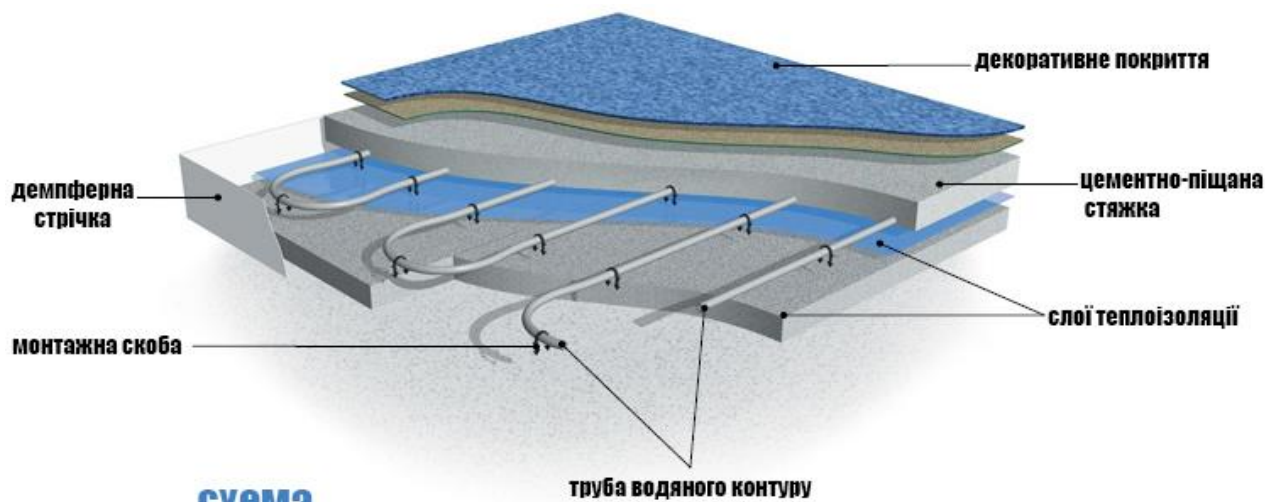


Рис. 3.1. Схема водяної теплої підлоги

Водяна система теплої підлоги - сукупність вбудованих труб з гарячою водою, розміщених між покриттям підлоги і основою, виконаним з дерева або

бетону. Тепла рідина, яка переміщається по трубах, рівномірно прогріває всю площу підлоги. Шари повітря безпосередньо в підлозі виявляються нагрітими сильніше, ніж верхні, що сприяє оптимально комфортному мікроклімату в приміщеннях.

Водяна тепла підлога має наступні *переваги*, які вигідно відрізняють її від опалювальних систем радіаторного і конвекторного типів.

Економічність. Енергоефективність будинку збільшується приблизно на чверть за рахунок того, що варіативність температури носія 30-50 градусів. Якщо приміщення просторе, а стелі високі, економія на опаленні становить 50-60% за рахунок того, що повітря прогрівається на висоту приблизно до 2,5 м від підлоги.

Комфортність. Приміщення рівномірно прогрівається. Температура повітря на рівні ніг людини становить близько 24 градусів, а на рівні голови - 20 градуси. Це створює ідеальні умови для ігор з дітьми, ходіння босоніж. Крім того, повітря постійно залишається помірно зволженим.

Обігрів приміщення відбувається не за рахунок конвекції (переміщення повітряних мас), а від *випромінювання*. Крім того, через відсутність конвекції пил не переміщається по кімнаті.

Безпека. Система теплої підлоги має приховані теплові доступи. Ризик отримання опіків від безпосереднього контакту з теплоносієм - нульовий.

Зручність (підтримувати тепла підлога в чистоті набагато простіше, ніж радіатор).

Естетичність. Видимі частини опалювальної системи відсутні. Це сприяє спрощенню завдань по реалізації різних дизайнерських рішень. Водяна тепла підлога - цілком самодостатня опалювальна система. Немає необхідності в радіаторах, які найчастіше доводиться маскувати декоративними панелями або замінювати новими, відповідними інтер'єру.

Тривалий термін служби. Єдиний обмежуючий фактор в цьому відношенні - це термін служби труб.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Завдяки сучасним технологіям, можливо облаштування водяних теплих підлог різними способами, різної товщини. В якості основи краще придатна рівна основа - камінь або плитка, так як ці матеріали мають найкращу тепловіддачу і сприяють поліпшенню теплообміну в приміщенні. Сукупна товщина пирога становить 50-150 мм, в залежності від параметрів труб, теплопровідності покриття, потужності системи, використовуваної облицювання.

Розглянемо системи водяної теплої підлоги (ВТП):

- бетонна система ВТП;
- безбетонна (настильна) система ВТП;
- дерев'яна система модульного типу ВТП.

3.2. Бетонна система водяної теплої підлоги

Бетонна система - найпоширеніша система водяної теплої підлоги на сьогоднішній день, тому що найбільш проста в монтажі. Являє собою систему трубопроводів (12, 16, 17, 20 мм), по яких циркулює теплоносій, залиту бетонною стяжкою.

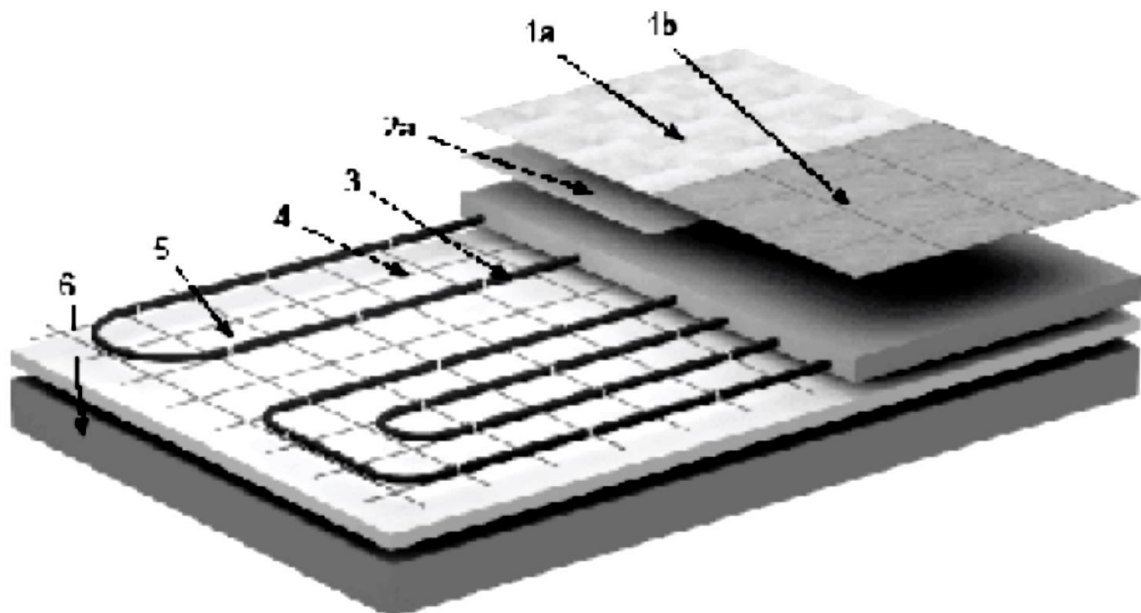


Рис. 3.2. Спосіб укладки труб бетонної системи водяної теплої підлоги:

1а. Чистове покриття (паркет, ламінат); 1б. Чистове покриття (плитка); 2а. Підкладка (спінений поліетилен, картон і т. п.); 3. Теплова труба; 4. Арматурна сітка; 5. Утеплювач (полістирол) товщиною від 20 до 100 мм. 6. Основа підлоги

При цьому бетонна стяжка є ефективним теплорозподільником, який віддає в приміщення рівне м'яке тепло. У випадку з поверхнею з кахлю тепловіддача підвищується в значній мірі. Даний матеріал не перешкоджає надходженню випромінювання на відміну від виробів з додатковою теплоізоляцією.

Теплова труба укладається на арматурну сітку з кроком 100-300 мм обраним типом укладання, в залежності від проектного рішення. Труба кріпиться до арматурної сітки за допомогою пластикових хомутів (2-3 шт. на 1 погонний метр труби). У місцях компенсаційних швів на теплову трубу надівається захисна гофр-труба. Кожна петля теплової труби починається і закінчується в розподільному колекторі, тобто без стиків.

По периметру приміщень до заливання бетоном укладається демпферна стрічка, що служить компенсатором теплового розширення бетонної стяжки. Рекомендується також застосовувати її в якості компенсаційного шва кожні 10 метрів при влаштуванні бетонних стяжок на великих площах.

Після монтажу петель, відбувається заповнення змонтованої системи теплоносієм та проведення гідравлічних випробувань, а після цього здійснюється заливка бетоном. Товщина стяжки повинна бути не менше 50 мм. Марка бетону - не нижче М-300 (В-22,5).

На бетонну стяжку укладається основне («чистове») покриття підлоги, яке має суттєвий вплив на вибір температури теплоносія. Цей ефект виникає через різну теплопровідності застосовуваних матеріалів.

Щоб прискорити процес сушіння бетонної стяжки, який зазвичай займає приблизно 3...4 тижні, і досягти прийнятного рівня відносної вологості, можна підключити систему ВТП до джерела тепла (в т. ч. за тимчасовою схемою). Рекомендована температура теплоносія в цьому випадку не повинна перевищувати

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

30°C. Практика застосування систем ВТП з використанням режиму «сушка» показала багато прикладів скорочення термінів будівництва, особливо на об'єктах з великими площами.

Переваги:

- система може бути встановлена майже з будь-яким типом підлогового покриття;
- основна частина тепла передається саме методом випромінювання, в зв'язку з цим опалення приміщення відбувається більш комфортно;
- рівномірний розподіл нагрітих потоків повітря дає можливість застосовувати більш низькі температури внутрішньої рідини;
- у житлових будівлях відзначається значна економія енергоресурсів, особливо якщо мова йде про високі кімнати;
- через відносно низьку температуру внутрішньої рідини конструкція з трубопроводами виключає утворення позитивної іонізації повітря;
- у деяких випадках система може повністю замінити радіаторний обігрів, завдяки чому звільняється додаткове місце в житловому приміщенні;
- у зв'язку з рівномірним обігрівом всій площі підлоги у ванній кімнаті будуть відсутні сирі кути, а значить, не з'явиться грибка;
- тривалий період експлуатації зазвичай визначається терміном служби трубопроводів.

До недоліків відноситься висока трудомісткість.

3.3. Безбетонна (настільна) система водяної теплої підлоги

Інша назва цієї системи суха конструкція теплої водяної підлоги, рекомендується для наступних умов:

1. Обмежена висота приміщення. Наприклад, при низьких стелях або коли підвищення рівня підлоги не передбачено в конкретному дизайнерському (архітектурному) рішенні.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2. Слабкі перекриття. Бетонна стяжка висотою 50 мм важить 250...300 кг на 1 м², що створює значне навантаження на міжповерхові перекриття. Особливо це стосується дерев'яного перекриття в зрубках, дерев'яних та каркасних будинках. Суха система важить значно менше – 25...30 кг/м².

5. Неможливість влаштування бетонної стяжки на конкретному об'єкті. Наприклад, в квартирі, на високому поверсі багатоповерхового будинку, куди готовий бетон доставити (або замісити потрібну кількість на місці) проблематично.

Настильна система ВТП - найлегша на сьогоднішній день (за вагою) система. Основу системи складають полістирольні пластини з пазами (прямі і поворотні), в які вкладаються алюмінієві теплорозподільні пластини.

Теплова труба укладається в алюмінієві пластини з кроком 150 або 300 мм. Кожна петля теплової труби починається і закінчується в розподільному колекторі, тобто без стиків.

Для рівномірного розподілу тепла від труб по всій підлозі на поверхні настільних систем застосовуються алюмінієві пластини з кроком укладання 150 і 300 мм. Пластини мають спеціальний профіль для щільного прилягання до труби.

Паркет (звичайний або ламінований) товщиною як мінімум 9 мм укладається безпосередньо на алюмінієві пластини через вологопоглинаючу прокладку з картону або спіненого поліетилену.

При використанні лінолеумового покриття, керамічної плитки або плитки ПВХ слід спочатку на алюмінієві пластини покласти плиту ГВЛ (для «полістирольної» - два шари, загальна товщина плити ГВЛ 20 мм; для «дерев'яної» - один шар).

Примітка:

ГВЛ – гіпсоволокно, листи ГВЛ виготовляються з гіпсу з додаванням волокон з целюлози.

Плити ЦСП - це пресована суміш деревної стружки, в'язучого портландцементу і деяких добавок.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Деревостружкова плита (ДСП) — листовий композиційний матеріал, вироблений гарячим пресуванням деревинних частинок, переважно стружки.

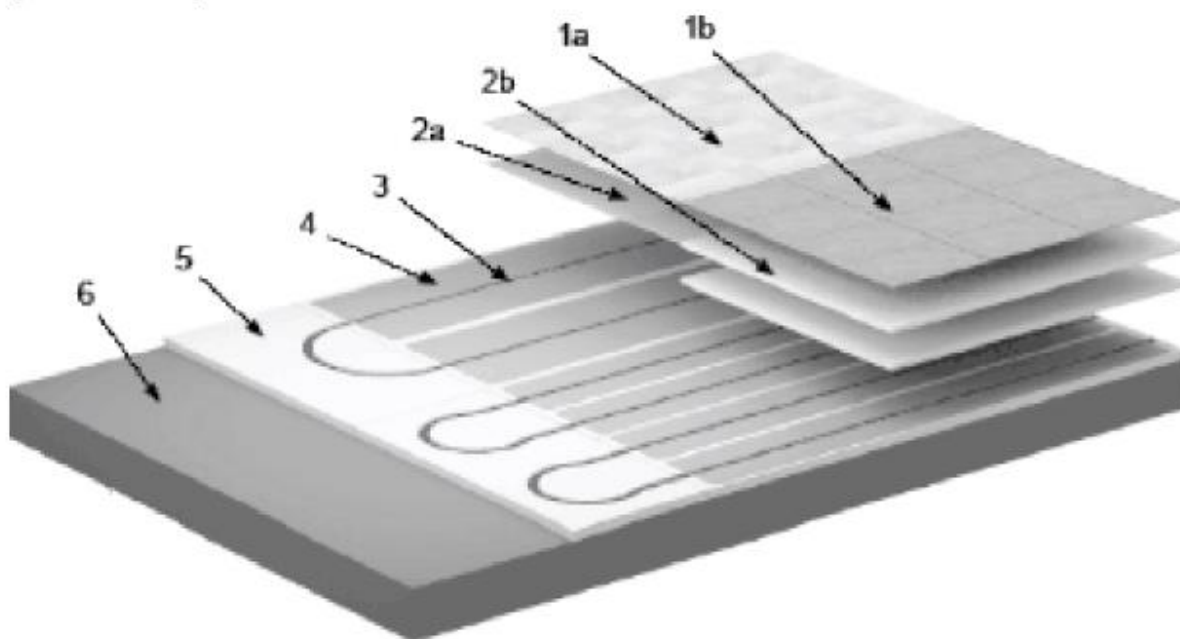


Рис. 3.3. Спосіб укладки труб безбетонної системи водяної теплої підлоги:

1а. Чистове покриття (паркет, ламінат); 1б. Чистове покриття (плитка);
2б. Збірна стяжка (ГВЛ, ЦСП і т.п.); 3. Теплова труба; 4. Алюмінієві пластини;
5. Полістирольні елементи з пазами (товщиною 30, 50 і 70 мм); 6. Основа підлоги.

Переваги використання безбетонної системи ВТП:

- висока швидкість монтажу через відсутність «мокрих» процесів;
- легка вага (до 30 кг/м²), завдяки чому конструкція не навантажує міжповерхові перекриття і може бути використана в будь-яких типах будинків;
- мала товщина (35-60 мм), мінімально піднімаюча рівень підлоги;
- мінімальні трудовитрати при складанні;
- хороша тепло – і шумоізоляція шарів сухої теплої підлоги;
- витримує перепади температур;
- можливість використання в тимчасових будівлях і приміщеннях, так як суху конструкцію можна швидко зібрати, а потім розібрати і монтувати в іншому місці.

До недоліків відноситься: висока вартість; елементи такої конструкції бояться вологи і вимагають обов'язкової гідроізоляції.

3.4. Дерев'яна система модульного і рейкового типу ВТП

Модулі системи виробляються з ДСП товщиною 22 мм. Система монтується безпосередньо на лаги (балки перекриття) з максимальним кроком між лагами 600мм (300 мм при використанні керамічної плитки). Теплоізоляційний шар укладається між лагами. Монтаж системи аналогічний процедурі укладання звичайної підлоги з листових матеріалів. Всі елементи системи мають спеціальний замок для з'єднання один з одним.

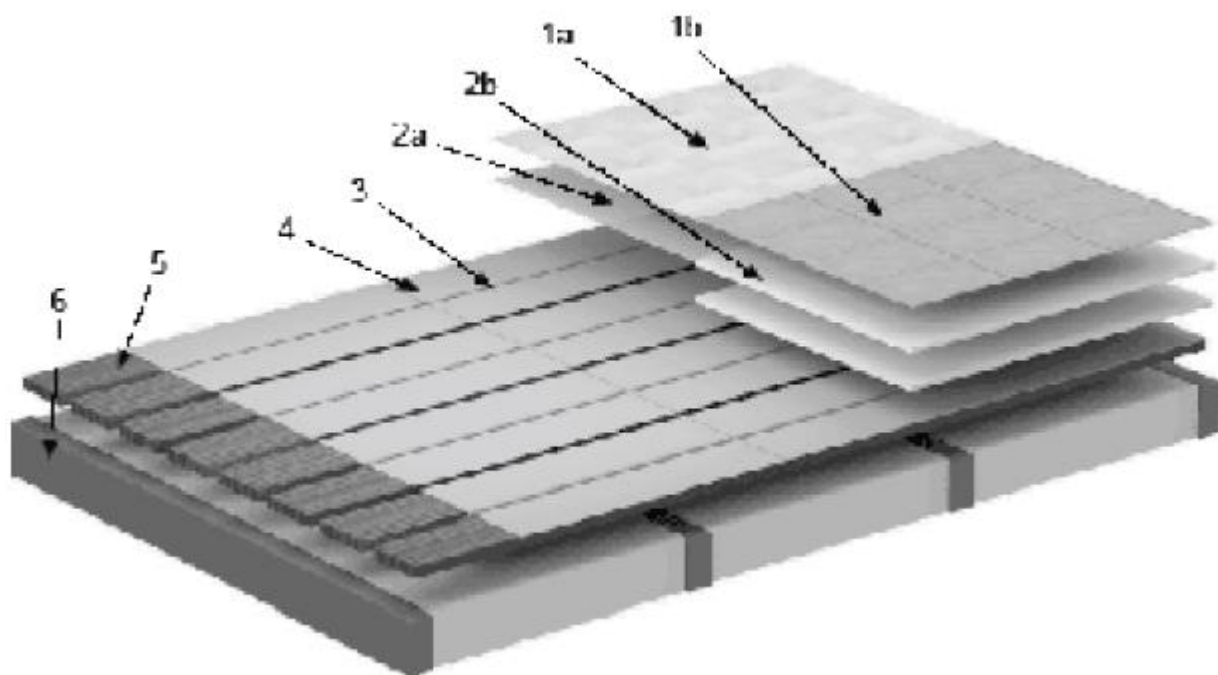


Рис. 3.4. Спосіб укладки труб дерев'яної система теплої підлоги модульного типу:

1а. Чистове покриття (паркет, ламінат); 1б. Чистове покриття (плитка);
2а. Підкладка (спінений поліетилен, картон і т.п.); 2б. Збірна стяжка (ГВЛ, ЦСП і т. п)
3. Теплова труба; 4. Алюмінієві пластини; 5. Дошка (смужка ДСП); 6. Лаги, крок 600 мм (300 мм для плитки).

Конструкція настильної дерев'яної системи рейкового типу на відміну від дерев'яної системи модульного типу, використовуються не готові елементи (модулі) з пазами, а пази формуються шляхом укладання смуг (дошок) товщиною не менше 28 мм з відстанню (розбігом) 20 мм між ними.

Застосовуються теплорозподільні алюмінієві пластини з кроком укладання 150, 200 і 300 мм. У зонах найбільших тепловтрат (зовнішні стіни, велике скління і т. п.) застосовується, як правило, крок 150 мм.

Система монтується безпосередньо на лаги (балки перекриття) з максимальним кроком між лагами 600 мм (300 мм при використанні керамічної плитки). Теплоізоляційний шар (мінеральна або базальтова вата, полістирол) укладається між лагами.

3.5. Вибір труб для теплої підлоги

Контури «теплых підлог» роблять з мідних та металопластикових труб на нероз'ємних фітингових з'єднаннях.

Оптимальний варіант для циркуляції теплоносія - труби, виконані з полімерних матеріалів, міцних, надійних і відносно недорогих.

Металопластик. Цей варіант - найпоширеніший, з оптимальним співвідношенням якості та ціни. Труба для теплої підлоги зносостійка, довговічна, з хорошою теплопровідністю. Металопластикові вироби гнучкі, добре зберігають форму після згинання. Властивість метало-пластикових труб гнутися забезпечує легкість і простоту монтажу гріючого контуру. Низький коефіцієнт шорсткості, відсутність корозії і заростання перерізу дозволяють запобігти великим втратам напору, що особливо важливо при великій довжині гріючого контуру.

Зшитий поліетилен. Матеріал міцний, з хорошою теплопровідністю, дозволяє, при необхідності, збільшити температуру теплоносія. Рекомендована щільність зшивання 65-80%. Особливість монтажу - необхідність фіксації при укладанні, щоб труби не розгиналися, поки стяжка застигне.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Поліпропілен. Міцний пружний матеріал. Поліпропіленові труби згинаються після попереднього нагрівання.

3.6. Конструктивні особливості і склад систем

Зазвичай при зведенні системи встановлюється колекторна шафа, в якій будуть з'єднуватися трубопроводи з центральним опаленням житла. У ній також розмістяться деякі регульовальні компоненти. При монтажі використовують також колектор для теплої підлоги, необхідний для рівномірного розподілу теплоносія по трубах. Це пристрій з відводами, які застосовують для приєднання контурів опалювальної системи. Гребінка для теплої підлоги забезпечує безпеку системи і можливість відключення окремих контурів при необхідності. Колекторні шафи виконують вмонтованими в стіну або виносять в окреме приміщення.

Таким чином, якщо необхідно відокремити приміщення від загального теплопостачання будинку, то це можна зробити без відключення загального обігріву:

- Колекторна група, що включає в себе циркуляційний насос, клапани та інші важливі елементи.
- Гідроізоляція з поліетиленової плівки потрібна для захисту утеплювача від впливів вологи.
- Кромкова ізоляція, вкладається по периметру приміщення. Завдяки демпферній стрічці в повній мірі компенсується температурне розширення.
- Плити утеплювача призначені направити потік тепла безпосередньо вгору, виключаючи втрати через нижнє перекриття.
- Труби з поліпропілену, нержавіючої сталі, міді або інших відповідних матеріалів використовуються для обігріву.
- Металева арматура дозволяє виготовити зміцнюючу сітку, щоб уникнути надмірного навантаження на нагрівальні вироби.

– Кріпильні деталі та інші дрібні елементи дозволяють фіксувати і з'єднувати окремі фрагменти системи.

– Цементно-піщаний розчин необхідний для заливки стяжки, щоб вийшла рівна поверхня.

Укладають труби спіраллю «равликом» або паралельним способом - «змійкою». Останній варіант є оптимальним для підлог, виконаних з ухилом, а також невеликих кімнат.

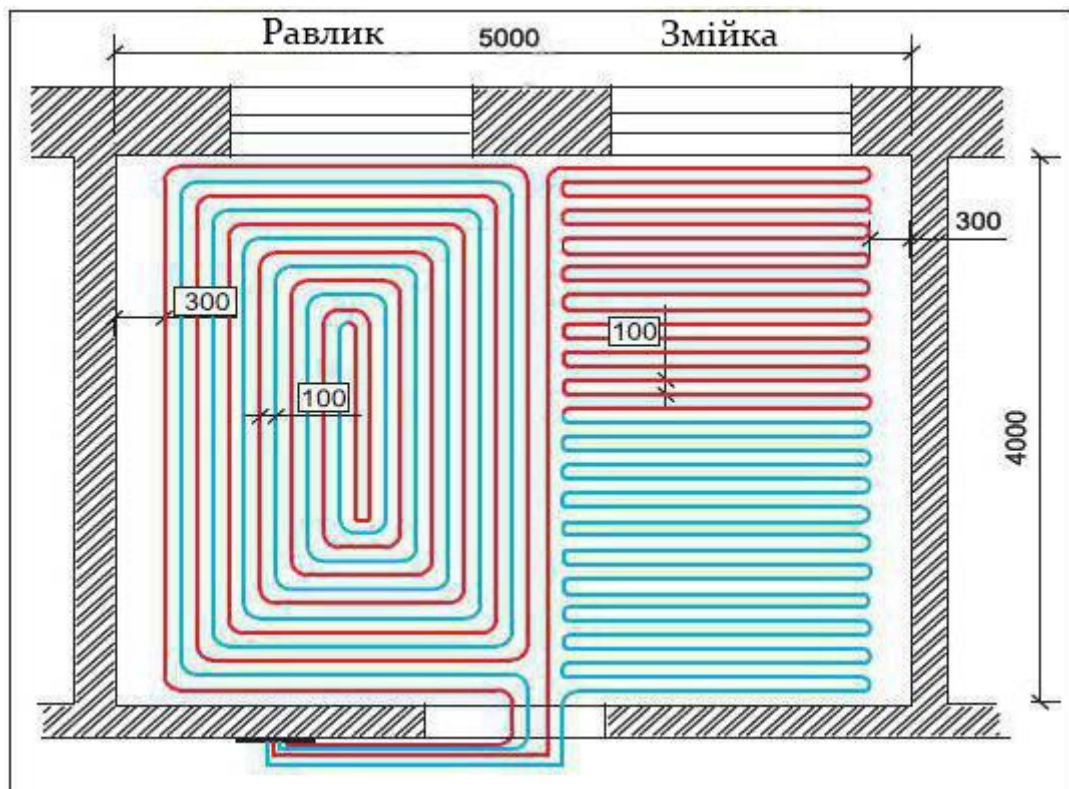
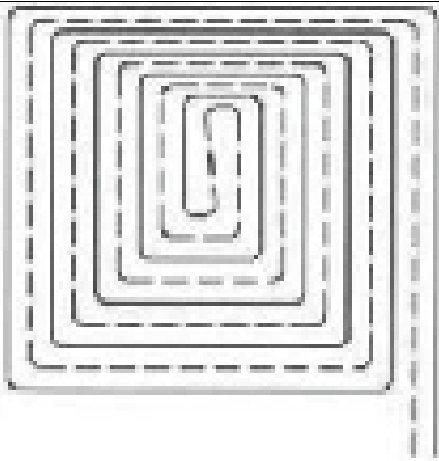
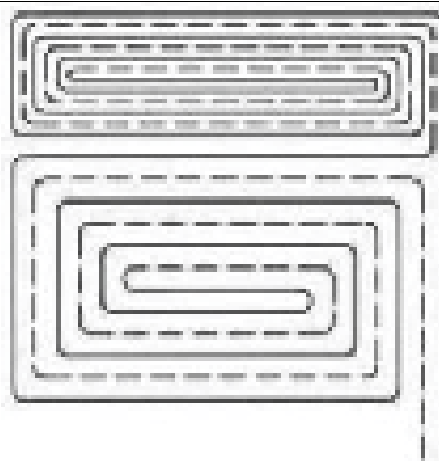


Рис. 3.5. Схеми укладання теплої підлоги "равликом" або "змійкою"

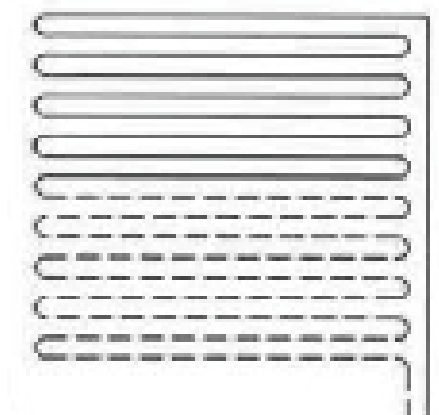
На основі цих розроблено різні схеми формування контурів, які застосовуються в залежності від кроку укладання і матеріалу труби



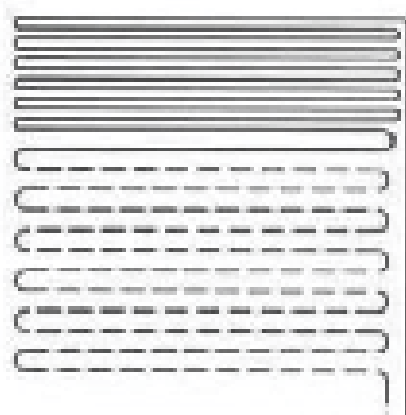
Метод укладання "равлик" з більш щільною укладкою в граничній зоні



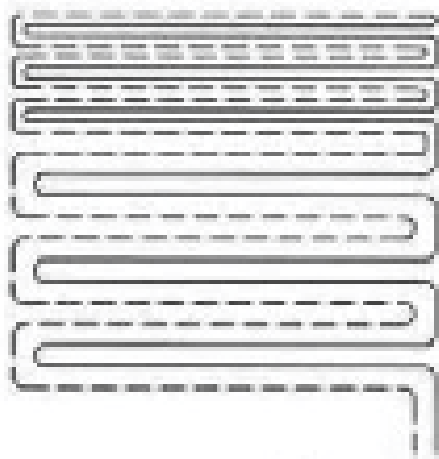
Метод укладання "равлик" з послідовно приєднаним контуром робочої зони



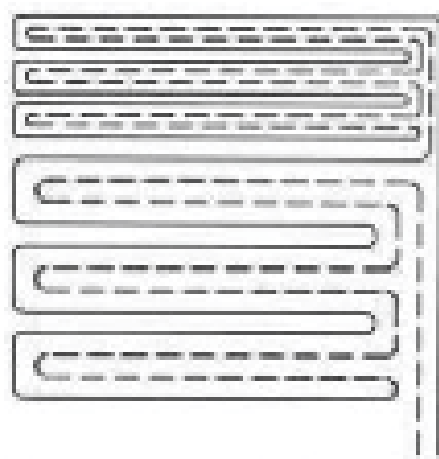
Метод укладання "змійка"



Метод укладання "змійка" з більш щільною укладкою в граничній зоні



Метод укладання "подвійна змійка" з більш щільною укладкою в граничній зоні



Метод укладання "подвійна змійка" з послідовно приєднаним контуром робочої зони

Труба, в яку спочатку надходить теплоносій, знаходиться в самому холодному місці, наприклад, біля зовнішньої стіни. Для просторих приміщень більш доцільна укладання «равликом».

3.7. Тепло- та гідроізоляція

Щоб тепло не йшло через нижню частину, а волога не вбиралася в утеплювач, необхідно правильно здійснити укладання ізоляційних матеріалів. Від його якості буде багато в чому залежати ефективність теплої підлоги з водяною циркуляцією.

1. На нижню площину розстеляється мембрана у вигляді поліетиленової плівки, однак насправді можуть застосовуватися і інші водонепроникні матеріали. При укладанні в обов'язковому порядку робиться напуск на стіни.

2. Далі проводиться інсталяція демпферної стрічки. Ширина шару залежить від висоти всієї підлоги. Фіксація кромкової ізоляції здійснюється з використанням пластикових дюбелів або саморізів.

3. Після герметизації виконується укладання плит утеплювача. Залежно від застосовуваного утеплювача принцип монтажу може злегка відрізнятися. Між окремими компонентами матеріалу не повинно бути простору.

4. Поверх теплоізоляції розстеляється паронепроникна мембрана, яка найчастіше поставляється в рулонах. При укладанні полотен робиться напуск від 10 до 15 см, щоб підвищити ефективність бар'єру.

5. На створену блокаду інсталується сітка з металу з осередком 10 × 10 см. Розмір прольотів в даному випадку обрано, виходячи зі зручності кріплення труб. Арматурна конструкція повинна займати всю площу підлоги.

3.8. Вибір конструкції

Виходячи із розглянутого матеріалу обираємо бетонну систему водяної теплої підлоги металопластикових труб схема укладання теплої підлоги "змійка".

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тепла підлога, що включає бетонну основу й розміщені в ній нагрівальні елементи, має наступний недолік. У процесі ремонту підлоги трубчасті елементи висмикуються разом з обволікаючим їхнім бетоном і після видалення дефектного трубчастого елемента виконується монтаж нових елементів із замонолічуванням їх бетоном, а огляд трубчастого елемента неможливий у замоноличеній частині підлоги. Розглянемо декілька шляхів вдосконалення "теплої підлоги".

3.8.1. Тепла підлога з теплообмінником у вигляді капілярних матів

Тепла підлога з теплообмінником у вигляді капілярних матів [16], які складаються з поліпропіленових розподільних колекторів та приєднаних до них капілярних трубок малого діаметру (3,4 або 4,3 мм) з різним кроком від 10 до 30мм. При цьому розподільний подавальний та збірний зворотній колектори розташовані один біля одного, а капілярні трубки утворюють петлі довжиною від 1 до 6 м, з шириною матів від 150 мм до 1 м. Дані капілярні мати можуть використовуватись як для опалення, так і для кондиціонування приміщення або його частини (зони).

Недоліками таких капілярних теплообмінників є відсутність пристрою для видалення повітря з тепло- або холодоносія, близьке розташування розподільних колекторів з різними температурами теплоносія, що призводить до охолодження подавального теплоносія (з вищою температурою) та зайвий нагрів зворотного теплоносія (з меншою температурою). Крім того, максимальні розміри матів (максимальна довжина 6 м, ширина - 1 м) значно збільшують кількість та довжину трубопроводів, запірної арматури при опаленні (кондиціонуванні) приміщення, що призводить до збільшення використання електроенергії для забезпечення циркуляції тепло або холодоносія та ускладнюють обслуговування системи опалення 25 (кондиціонування).

3.8.2. Капілярна тепла підлога з повітроспускними клапанами на колекторах

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення капілярного теплообмінника типу "капілярна тепла підлога" шляхом додаткового його

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

оснащення автоматичними повітроспускниками на розподільних колекторах, поліпропіленовою капілярною трубою зовнішнім діаметром 6-8 мм та товщиною стінки 1 мм та розташуванням розподільних подавального та зворотного колекторів один проти одного, що забезпечить можливість автоматичного видалення повітря з теплообмінника, зменшить вірогідність засмічування капілярних трубок та підвищить строк служби капілярного теплообмінника.

Поставлена задача вирішується тим, що теплообмінник типу "капілярна тепла підлога", що містить розподільні колектори, капілярні з'єднувальні трубки, згідно з корисною моделлю, додатково встановлюються автоматичні повітроспускники на розподільних колекторах, розподільні колектори виконуються з нержавіючої сталі, капілярні з'єднувальні трубки одягаються на спеціальні штуцери, що приварені до колекторів, в торцях розподільних колекторів знаходяться приєднувальні фітинги з зовнішньою різьбою.

Виконання розподільних колекторів з нержавіючої сталі значно зменшує вірогідність утворення відкладень на внутрішній поверхні колекторів та забезпечує високу стійкість до механічних навантажень. Приєднувальні фітинги із зовнішньою різьбою значно спрощують виконання монтажних робіт. Установка автоматичних повітроспускників забезпечує видалення повітря при заповненні теплоносієм, а також в процесі експлуатації теплообмінника типу "капілярна тепла підлога".

Теплообмінник типу "капілярна тепла підлога" дозволяє при опаленні приміщення відмовитись від теплогенеруючого обладнання, що використовує вичерпні джерела енергії (природний газ, вугілля, нафта та продукти її переробки), замість цього доцільно використовувати теплові насоси, оскільки даний теплообмінник при роботі не потребує теплоносія з високою температурою.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

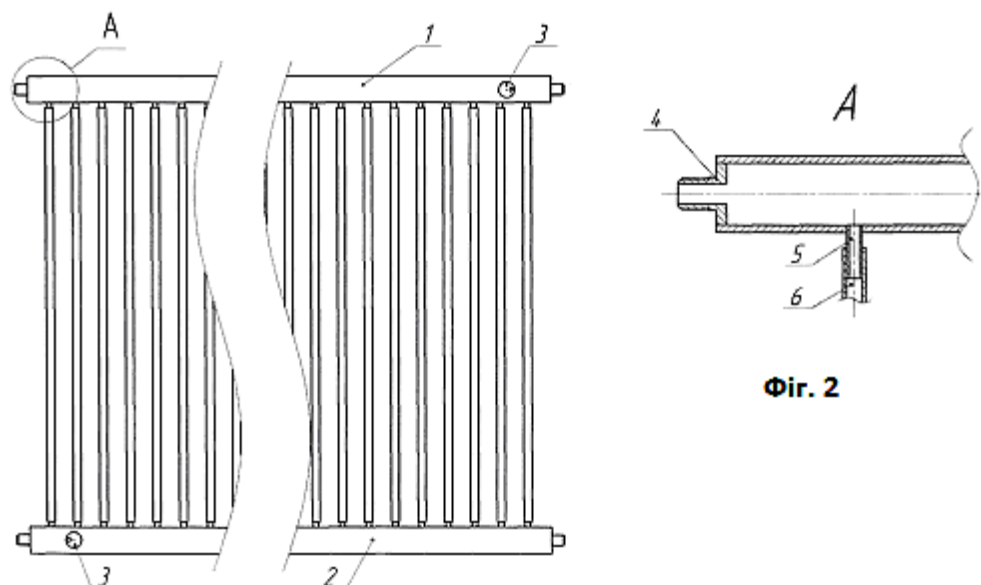


Рис. 3.6. Капілярна теплою підлога з повітроспускними клапанами на колекторах

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями (рис. 3.6), на яких зображено теплообмінник типу "капілярна тепла підлога". Теплообмінник типу "капілярна тепла підлога" містить подавальний розподільний колектор 1, зворотний розподільний колектор 2, автоматичні повітроспускники 3, приварну заглушку з приєднувальним фітінгом (зовнішня різьба) 4, приварний штуцер для приєднання капілярної 55 трубки 5, капілярні з'єднувальні трубки 6.

Теплообмінник працює наступним чином. Гарячий теплоносій з температурою 40-50 °С надходить до подавального розподільного колектора 1, через приєднувальний фітінг 4. При цьому відбувається видалення повітря в автоматичному повітроспускнику 3. Далі теплоносій потрапляє через розподільні приварні штуцери 5 до капілярних з'єднувальних трубок 6, в яких він охолоджується на 5-10 °С, збирається у зворотному розподільному колекторі 2 і видаляється через приєднувальний фітінг 4. Таким чином, запропонований теплообмінник типу "капілярна тепла підлога" дає можливість розширити список нині існуючих низькотемпературних опалювальних приладів, джерела тепла для яких використовують альтернативні джерела енергії. Корисна модель є простою і

надійною в експлуатації і дозволяє підтримувати заданий температурний режим в приміщеннях різної конфігурації та розмірів.

3.8.3. Спосіб пристрою теплої підлоги включає укладання бетонної підстави з утворенням виїмки й каналів під нею, розміщенням у каналах трубчастих нагрівальних елементів, заповнення каналів піщаним засипанням й укладання у виїмку бетонної підстави знімної бетонної плити.

Недоліком такого способу є знижена ефективність підлоги через наявність пор у піщаному засипанні, які збільшують термічний опір засипання й тим самим погіршують тепловіддачу трубчастих нагрівальних елементів бетонній підставі й знімної. бетонній плиті, у результаті чого вони повинні мати більшу поверхню.

3.8.4. Метою винаходу є підвищення ефективності теплої підлоги. Це досягається тим, що в способі пристрою теплої підлоги, що включає укладання бетонної підстави з утворенням виїмки й каналів під нею, розміщення в каналах трубчастих нагрівальних елементів, заповнення каналів піщаним засипанням й укладання у виїмку бетонної підстави знімної бетонної плити, перед заповненням каналів піщаним засипанням його просочують мінеральним маслом.

Заповнення пор піщаного засипання мінеральним маслом збільшує теплопровідність засипання, поліпшується тепловіддача трубчастих нагрівальних елементів бетонній підставі й знімній бетонній плиті покриття. У цьому випадку необхідна поверхня трубчастих нагрівальних елементів менше, ніж при відомому способі пристрою підлоги.

Крім того, наявність мінерального масла в піщаному засипанні запобігає корозії металевих труб і тим самим збільшує строк їхньої служби. Проведений експеримент показав, що коефіцієнт теплопровідності піщаного засипання масою 1400 кг/м^3 дорівнює $0,35 \text{ Вт/м К}$, при просоченні ж мінеральним маслом (5...10% від маси піску) коефіцієнт теплопровідності збільшився в 2-3 рази, у результаті чого необхідна поверхня нагрівальних елементів зменшується на 20...30%.

3.8.5. Пристрій підлогового опалення у вигляді бетонної підлоги, що обігриває, із закладеними в ньому нагрівальними трубчастими елементами (гріючими змійовиками), виконаного по висоті складовим, верхня частина якого з нагрівальними елементами відділена від підстави водонепроникною оболонкою. При такому виконанні полегшений процес заміни нагрівальних елементів. Недоліком такої теплої підлоги є неіндустріальність, тому що для її укладання потрібне виконання великого обсягу бетонних робіт на будівельному майданчику.

3.8.6 Пристрій блоку теплої підлоги, складений зі збірних панелей, у кожній з яких улаштований монтажний виріз, і із вмонтованих у панелі змійовиків, що гріють, з'єднаних у монтажних вирізах. Панелі після монтажу й гідравлічного випробування системи опалення закриваються покриттям підлоги. Недоліком цього блоку є складність доступу до стику елементів, що гріють, панелей, тому що стик закритий покриттям підлоги.

3.8.7. У блоці підлогового опалення, що складається зі збірних панелей, одні з яких виконані з монтажними вирізами, і вмонтованих у панелі змійовиків, що гріють, з'єднаних у монтажних вирізах, монтажні вирізи виконані двоступінчастими з верхнім щаблем, що має отвору для шпонкового з'єднання, і розташовані у двох кутах панелі, а панелі з монтажними вирізами постачені знімними елементами, кожний з яких виконаний Г-образного перетину з отворами у верхній частині, установлений підставою на нижній щабель панелі й прикріплений до верхнього щабля панелі за допомогою шпонкового з'єднання, причому кожен знімний елемент виконаний виступаючим із площини.

Крім того, у верхній частині бічних поверхонь знімного елемента виконані пази для його знімання.

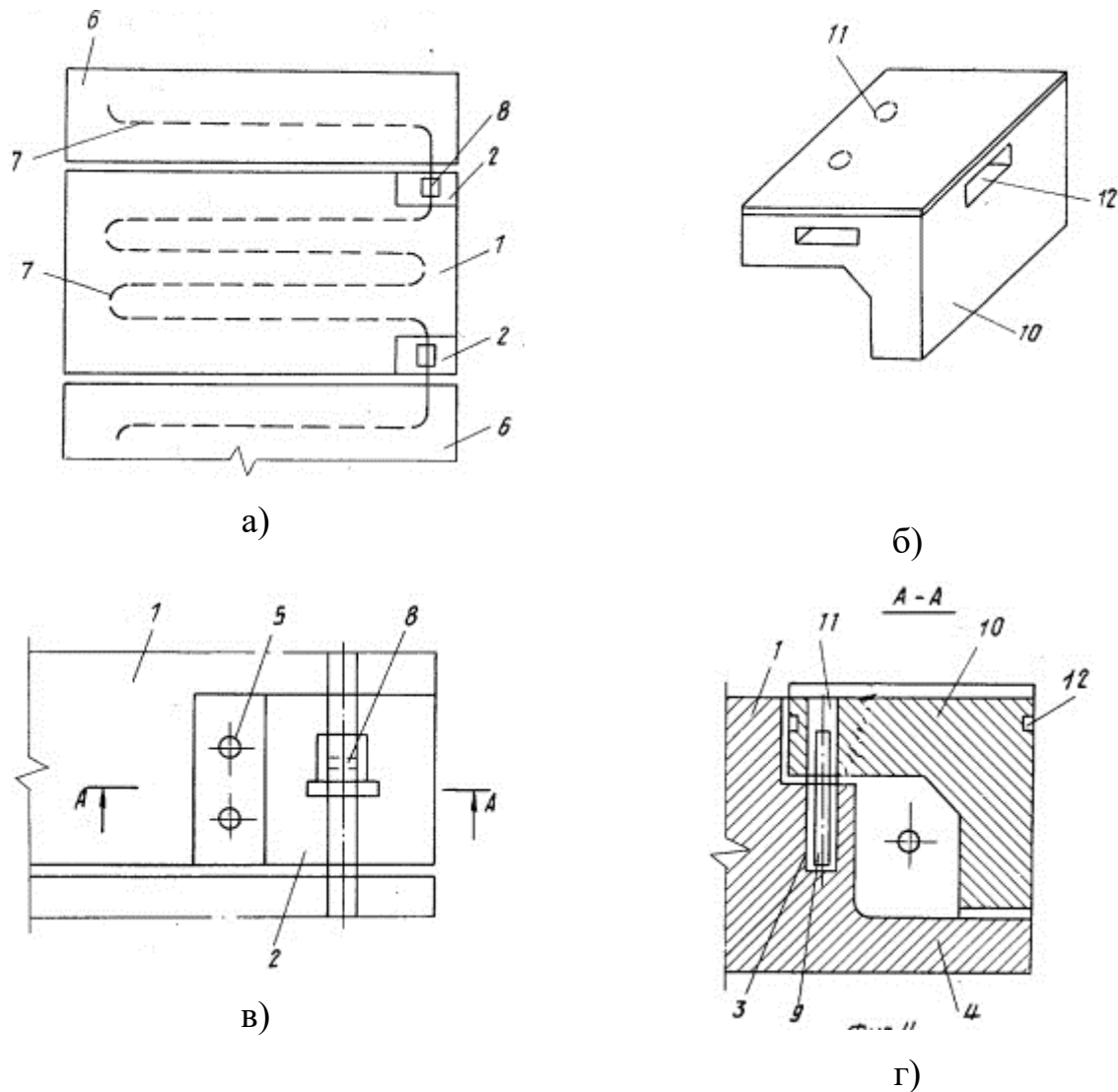


Рис. 3.7. Блок підлогового опалення, вид у плані

На рис. 3.7,а показаний блок підлогового опалення, вид у плані; на рис. 3.7,б знімний елемент; на рис. 3.7, в вузол стику змієвиків, що гріють, у панелях, вид у плані; на рис. 3.7,г розріз А-А.

Блок містить збірну панель 1 з вирізами 2, виконаних з верхнім щаблем 3, нижнім щаблем 4, отворами 5, дві суміжні з нею збірні панелі 6 без вирізів, що гріють змієвики 7, стики 8 змієвиків, що гріють, 7, сталевий стрижень 9, знімний елемент 10 з отворами 11 і пазами 12.

Фактура лицьової поверхні знімного елемента виконується аналогічно матеріалу покриття підлоги.

На підставу укладаються три збірні панелі: панель 1 з вирізами 2 і дві суміжні з нею панелі 6 без вирізів. Зате́м змієвики, що гріють, 7, вмонтовані щ у панелі 1

й 6, з'єднуються зварюванням у стиках 8. По закінченні зварювальних робіт і гідравлічного випробування системи опалення стик 8 закривається знімним елементом 10, верхня частина якого розташовується заподлицю з поверхнею покриття підлоги.

Знімний елемент 10 отворами 11 одним кінцем насаджується на стрижні 9, установлені в отворах 5 у верхньому щаблі 3, а іншим вільно опирається на нижній щабель 4. Для знімання елемента 10 його варто підняти одночасно із двох сторін (щоб уникнути заклинювання), використовуючи пази 12.

Ефективність винаходу складається в поліпшенні умов праці при монтажі й експлуатації блоку підлогового опалення. Укладання підлоги виробляється шляхом монтажу заздалегідь виготовлених на заводі збірних панелей із вмонтованими змійовиками, що гріють. У порівнянні із пристроєм монолітної бетонної підлоги з розкладкою змійовиків на місці пропонується винахід значно поліпшує умови праці робітників-будівельників.

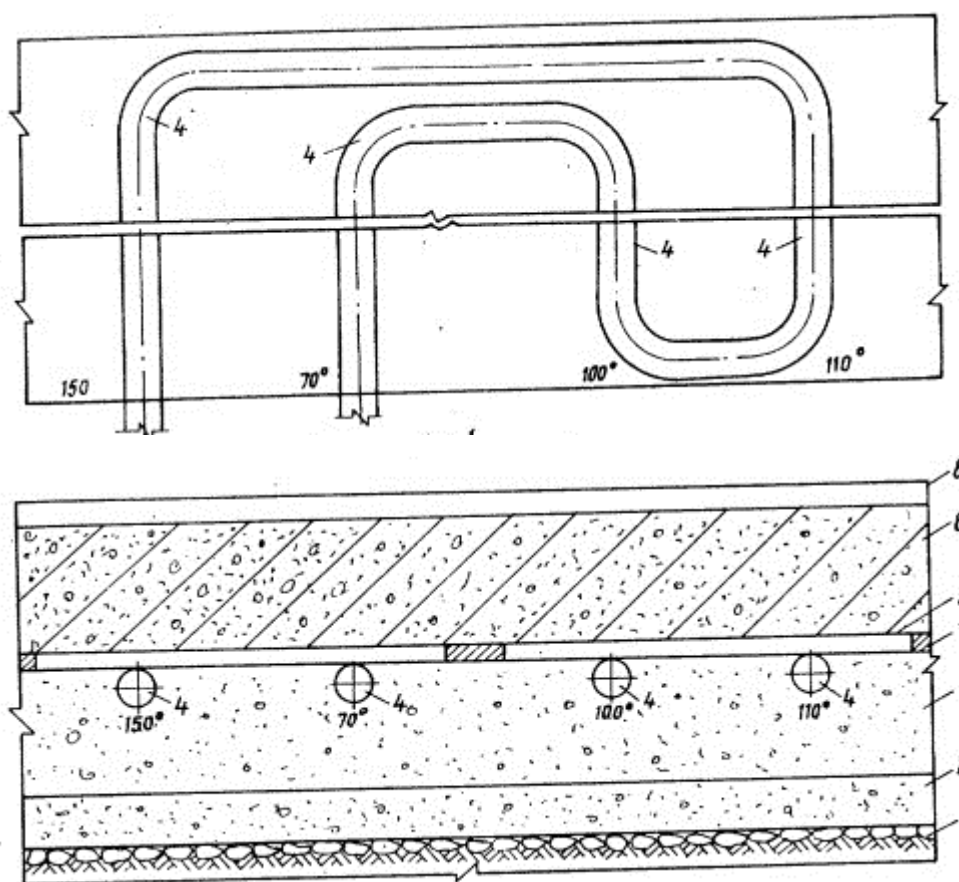


Рис. 3.8. Тепла підлога з теплопровідними елементами

Наявність у конструкції підлоги знімного елемента, що забезпечує вільний доступ до стику елементів, що гріють, не вимагає руйнування підлоги в місці стику, що значно поліпшує умови праці робітників експлуатаційної служби.

3.8.8. Тепла підлога включає підстиляючий тепло- і гідроізоляційний шар, нагрівальні елементи у вигляді регістрів біфілярної системи, розміщену на них плиту покриття й чисту підлога, ділянки регістрів попарно з'єднані теплопровідними елементами, між якими розміщені пружні теплоізоляційні прокладки, при цьому, між теплоізоляцією й плитою покриття розміщений ізоляційний шар.

На рис. 3.8 зображений план ділянки конструкції підлоги та поперечний розріз.

На основі 1 розміщається шар 2 керамзитобетони з гідрофобними добавками. У підстильний шар 3, наприклад з худого бетону, утоплені реєстри 4 біфілярні системи водяного прогріву. Галузі реєстра попарно з'єднані, наприклад зварюванням пластинами 5 з матеріалу з високої теплопровідністю, наприклад сталевими, що рівномірно розподіляють тепловий потік по низу плити, що нагрівається. Розподільчі теплопластини розташовані в одній площині з верхньою границею підстильного шару 3. Вони захищені від зчеплення з бетоном, що нагріває плити, 6, виконаного з важкого бетону М-300 підвищеної щільності товщиною 140-150 мм. Захист здійснюється, наприклад, нанесенням на поверхні пластин захисного змащення при укладанні й ущільненні бетонної суміші. Між пластинами розміщені пружні елементи 7 з термостійкого матеріалу, що компенсують їхні температурні деформації. На верхній поверхні нагріває плити, що, розміщена чиста підлога 8 з керамічної плитки на цементному розчині або цементно-піщане покриття М -300

Робота такої конструкції полягає в тім, що при обігріві підлоги температурні деформації галузей реєстра 4 біфілярні системи й пластин 5 не викликають деформації нагріває плити, що, 6. Тепловий потік від галузей реєстра

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

розподіляється по пластинах 5, рівномірно прогріваючи низ плити 6. По перетині плити створюється рівномірний тепловий потік. Деформація пластин, що виникає при нагріванні, компенсується пружними елементами 7.

Така конструкція дозволяє забезпечити стабільну температуру поверхні чистої підлоги 8 при менших 15 температурах нагрівання низу плити. При цьому істотно знижуються температурні градієнти по перетині плити, що прогріває.

З метою забезпечення ремонтпридатності теплої підлоги і швидкої заміни змійовиків без порушення зтяжки пропонується виконувати монтаж змійовиків у піщані виїмки у бетонній плиті (як у п.п 3.8.3.), а для покращення експлуатації теплої підлоги на колекторах встановлюються автоматичні повітропускники, як пропонується у п.п. 3.8.2.

3.9. Опис теплої підлоги та вимоги до неї

Теплу підлогу монтуємо на кухні, тамбурі та в санвузлах будинку. Труби укладають у вигляді змійовика тій чи іншій конфігурації. Необхідні параметри системи визначають на підставі теплотехнічних розрахунків, а температуру регулюють за допомогою автоматичних термостатів, які отримують команди від датчиків температури теплоносія або температури повітря в приміщенні. Підвідні і відводять труби контурів і вся арматура виводяться в розподільну шафу.

Для водообігріваних підлог бажано застосовувати металополімерні або мідні труби.

Теплу підлогу монтують наступним чином. На рівну основу підлоги укладають гідро-і теплоізолюючий шари, а зверху - труби для подачі гарячої води. Їх заливають бетонною стяжкою з пластифікатором, поверх якої настиляють покриття чистої підлоги (рис. 3.9). Для рівномірного розподілення тепла на стяжкою з цементно-піщаним розчином треба стелити теплову ізоляцію. Як покриття підлоги може застосовуватися: керамічна плитка, синтетичні рулонні матеріали, килимове покриття та ін.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

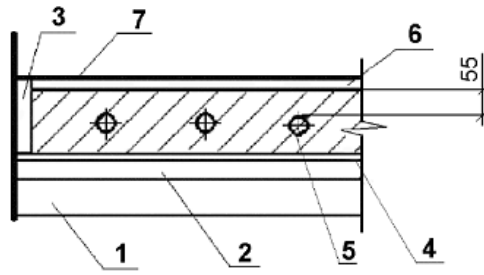


Рис. 3.9. Конструкція пристрою системи підігріву підлоги

- 1 - перекрыття; 2 - теплова ізоляція; 3 - усадковий шов; 4 - гідроізоляція;
5 - гріючий контур; 6 - стяжка з цементно-піщаного розчину;
7 - підлогове покриття

Відстань між сусідніми трубами нагрівального контуру (крок укладання труб) слід приймати рівним від 0,10 до 0,35 м.

Відстань від зовнішніх стін до труб нагрівального контуру має дорівнювати кроку укладання труб. Середню температуру підлоги приміщень слід приймати не вище: з постійним перебування людей 26°C ; з тимчасовим перебуванням людей і для обхідних доріжок критих плавальних басейнів 31°C ; для дитячих дошкільних закладів 23°C .

Рекомендовані температури теплоносія становлять: $55 - 45^{\circ}\text{C}$; $50 - 40^{\circ}\text{C}$; $45 - 35^{\circ}\text{C}$; $40 - 30^{\circ}\text{C}$.

У контурі допускається втрата тиску до 20 кПа. Тому загальну довжину труб контуру слід приймати не більше 120 м, якщо більше, тоді а одним контуром обігрівають, як правило, не більше 20-40 m^2 площі підлоги з максимальним розміром сторони 8 м. Для опалення великих приміщень використовують кілька контурів.

Вихідні дані для розрахунків теплої підлоги

№	Приміщення	Площа підлоги $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова температура, тв, °С	Розрахункові тепловтрати приміщення, $Q_t, \text{Вт}$
103	Кухня	26,7	18	1618
105	Тамбур	2,8	16	1093
202	Санвузол № 1	1,6	25	621
203	Санвузол № 2	10,9	25	1443
204	Санвузол № 3	7,5	25	1174
206	Санвузол № 4	6,5	25	1276
207	Госп. санвузол	10,0	25	1287

Приймаємо максимальну розрахункову температуру поверхні підлоги в приміщеннях 26 °С. Необхідно прийняти розрахункові температури теплоносія.

Приймаємо трубу п'ятишарову полімерну композитну фірми «Blue Ocean». Визначаємо для прийнятого кроку укладання труб ($b, \text{м}$) необхідну величину середньої різниці температур Δt_{cp} і питому тепловіддачу поверхні підлоги ($q, \text{Вт/м}^2$).

3.10. Гідравлічний розрахунок теплої підлоги

Метою даного розрахунку являється визначення діаметрів трубопроводів, визначення втрат тиску на тертя у трубах та в місцевих опорах і за результатами розрахунку вибір насосу, для забезпечення циркуляції в системі опалення.

Визначимо необхідну середню розрахункову температуру теплоносія за формулою:

$$\Delta t_{cp} = \left(\frac{t_r + t_o}{2} \right) - t_p$$

де t_r і t_o - розрахункові температури теплоносія на вході і виході теплоносія контуру підлогового опалення, °С;

t_p - розрахункова температура повітря в приміщенні, °C.

Вибираємо контур з максимальною питомою тепловіддачею, яка становить для контуру «103»

$$q = Q_t / F_i = 1618 / 26,7 = 60,5 \text{ Вт/м}^2,$$

За номограми (рис. 3.10) визначаємо необхідну температуру підлоги для створення тепловіддачі 60,5 Вт/м². Отримали значення 25°C, що значно нижче допустимого 26°C.

Визначаємо необхідну середню розрахункову температуру теплоносія

$$t_{cp} = [(t_2 + t_o) / 2] = \Delta t_{cp} + t_p = 22 + 18 = 40 \text{ °C}$$

Приймаємо в якості розрахункової температури теплоносія для проектованої системи підлогового опалення $t_2 = 45 \text{ °C}$, $t_o = 35 \text{ °C}$.

Тому при $t_p = 18 \text{ °C}$ приймаємо розрахункове значення

$$\Delta t_{cp} = [(t_2 + t_o) / 2] - t_p = [(45 + 35) / 2] - 18 = 22 \text{ °C}.$$

Проводимо аналогічні розрахунки для залишилися контурів, використовуючи номограми для різних покриттів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок тепловіддачі контурів

Номер прим.	Температура підлоги $t_{пл}$, °C	Температура розрахункова Δt_{cp} , °C	Тепло-віддача q , Вт/м ²	Шаг b , м	Температура подачі води t_g , °C	Температура зворотної води, t_o , °C
103	26	22	60,5	0,2	45	35
105	26	24	49	0,2	45	35
202	26	20	67,4	0,2	45	35
203	26	20	67	0,2	45	35
204	26	20	67	0,2	45	35
206	26	20	67	0,2	45	35
207	26	20	67	0,2	45	35

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Номограми теплового розрахунку підлогового опалення з керамічним покриттям підлоги (рис. 3.10).

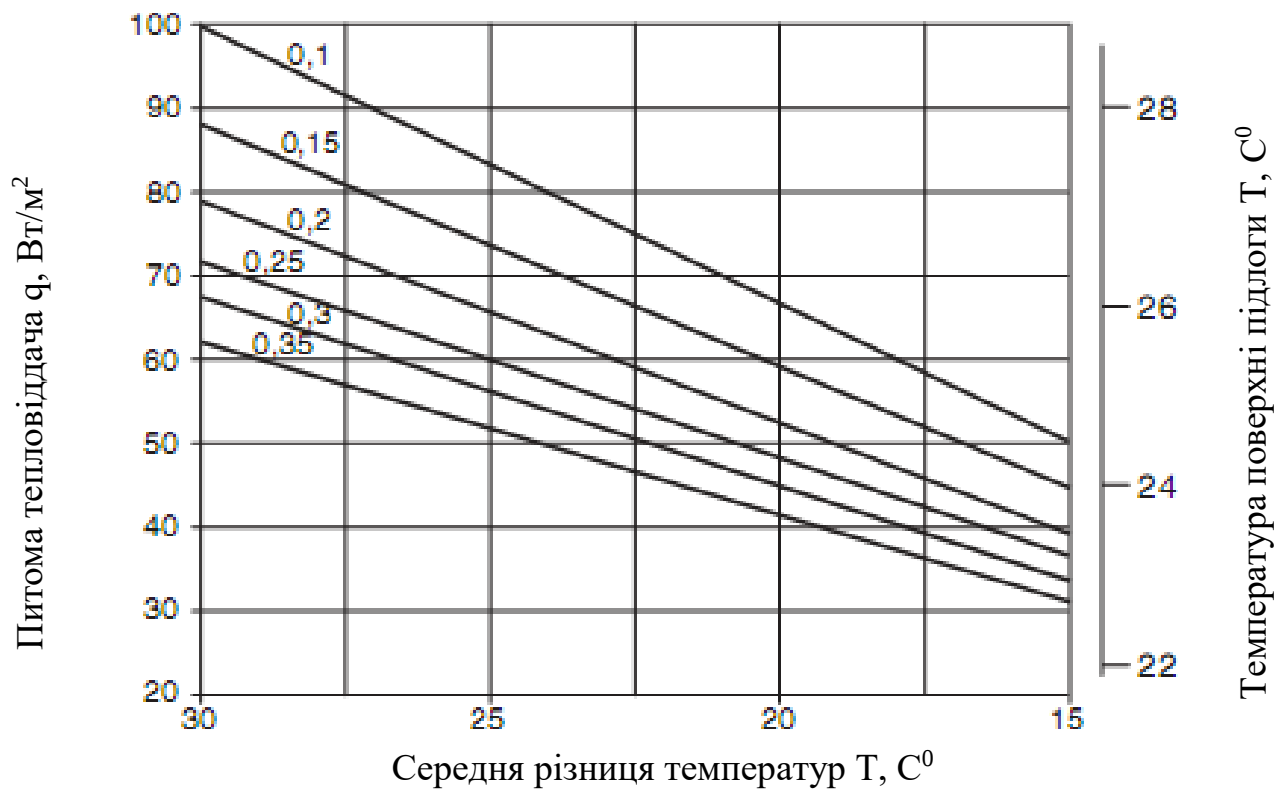


Рис. 3.10. Номограма визначення питомої тепловіддачі з керамічним покриттям

Попередній тепловий розрахунок контурів підлогового опалення.

Вихідні дані для розрахунку контурів підлогового опалення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вихідні дані для розрахунків

№	Приміщення	Розрахункові теплові втрати приміщення, Q_t , Вт	Площа підлоги, відведена для контуру підлогового опалення F_t , m^2	Позначення контуру	Матеріал покриття підлоги
103	Кухня	1618	21,5	А	Керамічна плитка
105	Тамбур	1093	2,55	Б	Керамічна плитка

202	Санвузол № 1	621	1,25	В	Керамічна плитка
203	Санвузол № 2	1443	6,0	Г	Керамічна плитка
204	Санвузол № 3	1174	5,2	Д	Керамічна плитка
206	Санвузол № 4	1276	5,0	З	Керамічна плитка
207	Госп. санвузол	1287	5,8	Ж	Керамічна плитка

Розрахункова тепловіддача контуру:

$$Q = qF_t = 60,5 \cdot 21,5 = 1300 \text{ Вт}$$

Виконаємо гідравлічний розрахунок контурів, беручи за вихідні дані наведені в таблиці 3.3. Значення характеристик контурів підлогового опалення.

Довжина трубопроводу:

$$L = F_t / b = 21,5 / 0,2 = 107,5 \text{ м}$$

Розрахункова витрата теплоносія:

$$G = 0,86 \cdot \frac{Q}{\Delta t} = 0,86 \cdot \frac{Q}{10} = 0,86 \cdot Q = 0,86 \cdot 1300 = 112 \text{ кг/год.}$$

Значення питомої втрати тиску на тертя R (Па/м), визначимо по номограмі (рис. 3.11).

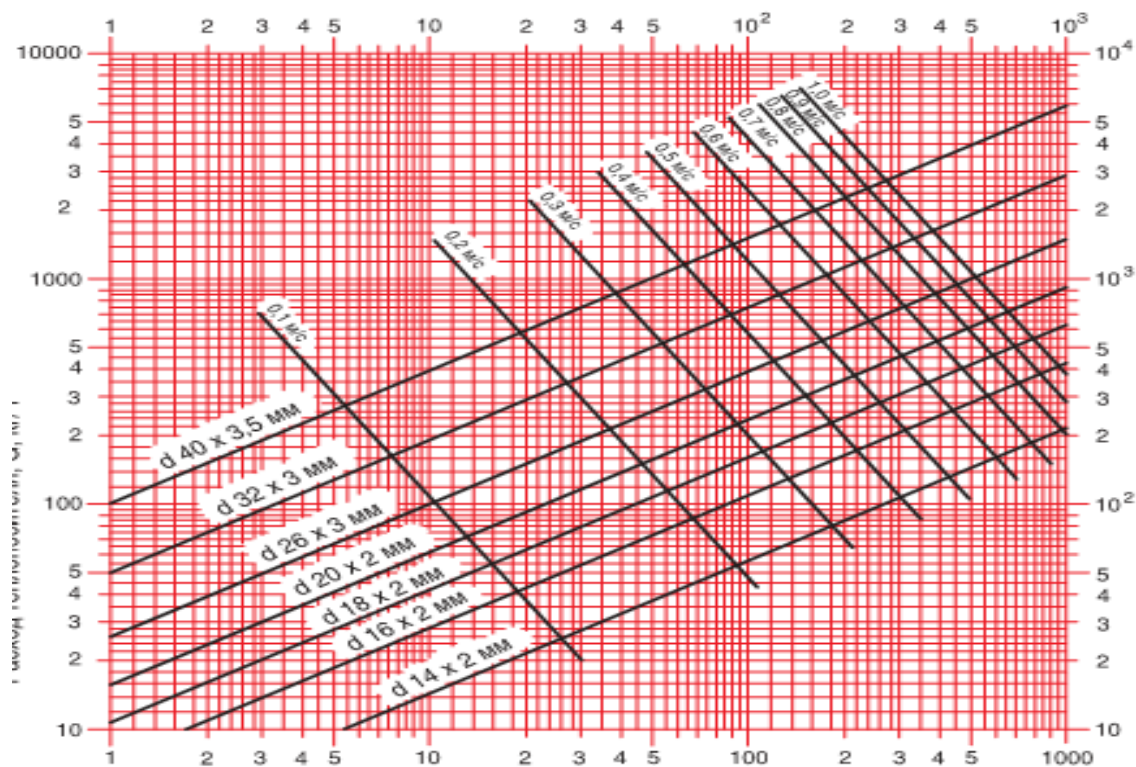
Діаметр труб приймаємо: $d = 16 \times 2 \text{ мм}$

Гідравлічний опір контурів:

$$\Delta P_t = 1,3 \cdot L \cdot R = 1,3 \cdot 108 \cdot 99 = 13840 \text{ Па}$$

Результати розрахунків контурів записуємо в таблицю 3.4.

Витрата теплоносія G , кг/ч



Питома втрата тиску на тертя R , Па/м

Витрата теплоносія G , кг/ч

Рис. 3.11 Номограма гідравлічного розрахунку трубопроводів
водяного опалення з полімерних труб

Таблиця 3.4

Результати розрахунків контурів

Номер приміщення	Тепловий потік контуру Q , Вт	Довжина труб L , м.п.	Витрата води в контурі G , кг/г	Питомі втрати тиску на тертя R , Па / м	Втрати тиску ΔP_t , Па
103	1300	108	112	99	13840
105	137	17	11,8	2,23	49,3
202	85,5	8	8,3	2,1	23,7
203	388	30	33,3	13,2	514,8
204	348	26	29,9	11,2	379
206	335	25	28,8	10,9	355
207	388	29	33,4	13,7	524

Гідравлічний опір контуру має бути менш 20 кПа. Довжина контуру не повинна перевищувати 120 м [10].

Результати остаточного розрахунку контурів теплої підлоги в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Результати остаточного гідравлічного розрахунку теплої підлоги

№ приміщення	Позначення контуру	Матеріал покриття	Площа контуру $F_t, \text{м}^2$	Тепловий потік контуру $Q, \text{Вт}$	Витрата $G, \text{кг/г}$	Діаметр труб, мм	Шаг $b, \text{м}$	Довжина труб $L, \text{м.п.}$	Витрати тиску $P_t, \text{кПа}$
103	А	керамічна плитка	21,5	1300	112	16×2	0,2	108	13,8
105	Б	керамічна плитка	2,55	137	11,8	16×2	0,2	17	0,049
202	В	керамічна плитка	1,25	85,5	8,3	16×2	0,2	8	0,024
203	Г	керамічна плитка	6	388	33,3	16×2	0,2	30	0,52
204	Д	керамічна плитка	5,2	348	29,9	16×2	0,2	26	0,38
206	З	керамічна плитка	5	335	28,8	16×2	0,2	25	0,35
207	Ж	керамічна плитка	5,8	388	33,4	16×2	0,2	29	0,52

Аксометрична схема системи опалення теплої підлоги приведена у графічній частині.

3.11. Висновки за розділом

У третьому розділі було розроблено та розраховано систему водяної теплої підлоги для двоповерхового котеджу. За результатами роботи можна зробити наступні висновки:

Для забезпечення оптимального мікроклімату та рівномірного розподілу температури в приміщеннях обрано водяну систему теплої підлоги. Незважаючи на

складність монтажу, вона є більш економічно вигідною в експлуатації порівняно з електричними аналогами та забезпечує кращий тепловий комфорт завдяки прогріву нижніх шарів повітря.

Система спроектована як сукупність вбудованих полімерних труб, розміщених між основою та покриттям підлоги, що дозволяє використовувати всю площу підлоги як робочу опалювальну поверхню.

Для кожного приміщення визначено індивідуальні параметри опалювальних контурів.

Усі розраховані контури відповідають технічним вимогам: довжина жодного з них не перевищує максимально допустимі 120 м, а гідравлічний опір залишається в межах норми до 20 кПа. Питомі втрати тиску на тертя коливаються в діапазоні від 2,1 до 13,7 Па/м залежно від витрати теплоносія.

Впровадження системи теплої підлоги в поєднанні з низькотемпературним режимом роботи котла дозволяє досягти значної економії енергоресурсів при збереженні високих санітарно-гігієнічних показників середовища.

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.03</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4			
Студент		Коренков О.О.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА

4.1. Призначення, принцип дії, визначення початкових параметрів

Теплообмінний апарат призначений для передавання теплової енергії від одного теплоносія до іншого шляхом протікання теплоносіїв повз поверхню теплообміну апарата. Теплообмінні апарати використовуються на тепловому вузлі для підігріву теплоносія системи опалення об'єкту від теплоносія централізованої мережі, а також для підігріву води у системі гарячого водопостачання. У процесі відбору вибір було зупинене на рекуперативному теплообміннику, а саме на кожухотрубному. Рекуперативні — це такі теплообмінники, у яких передача тепла від одного теплоносія до іншого здійснюється через стінку, що їх розділяє, або непрямым шляхом через проміжне середовище.

Кожухотрубні теплообмінники використовуються в енергетиці, тепlopостачанні, хімічній, харчовій та інших галузях в якості підігрівачів (води, мастила, палива), охолоджувачів, конденсаторів, випарників та ін.

Кожухотрубні теплообмінники виготовляються жорсткої, напівжорсткої і нежорсткої конструкцій; одно- і багатоходовими; прямоточними, протиточними і з перехресною течією; горизонтальними і вертикальними. Вони прості по конструкції і мають невисоку вартість.

Кожухотрубні теплообмінники складаються з пучка труб, жорстко закріплених у трубних дошках (гратах), кожуха, кришок із фланцями, які утворюють розподільні камери, опор та перегородок, які розміщуються в міжтрубному просторі. На кожусі та кришці встановлені технологічні штуцери. У залежності від призначення апарату конструкція основних вузлів та матеріали можуть значно відрізнятись.

У кожухотрубних теплообмінниках один теплоносій тече по трубах, інший — у міжтрубному просторі.

Труби у трубному пучку мають коридорне компонування.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Найбільш розповсюдженим способом закріплення кінців труб у трубних дошках є вальцювання.

Якщо труби піддаються впливу вібрації, циклічному нагріванню, великим перепадам тиску або на кінцях труб може виникнути тепловий удар, то кінці труб варто приварити до трубних дошок. Зварювати краще товстостінні труби або труби апаратів, що працюють у напружених умовах.

Зварений шов будь-якого типу постійно знаходиться під ерозійно-корозійним впливом, тому в процесі тривалої експлуатації може відбутися розуцільнення труби. У зв'язку із цим був розроблений спосіб вальцювання з автоматичною приваркою кінців труб до трубних дошок щільним швом.

У середині кожуха встановлюють поперечні перегородки для кріплення труб із метою запобігання їх прогинів, а також для організації поперечного обтікання труб у міжтрубному просторі та одержання більш високих швидкостей. При поперечному обтіканні теплоносієм труб також досягається більш ефективна тепловіддача ніж при подовжньому.

Найбільше поширення одержали сегментні перегородки, типу диск-кільце і двосторонні сегментні перегородки. Застосовують також перегородки, що перекривають трубний пучок, сегментні перегородки потрійного розташування та ін. Двосторонні сегментні перегородки і перегородки потрійного розташування застосовують з метою зменшення втрат тиску, при цьому втрати тиску можуть бути знижені на 60...100%.

Отвори у поперечних перегородках розташовані точно так само, як у трубних дошках. Діаметр отворів у перегородках повинен бути більше зовнішнього діаметра труб або ребр на 0,3...0,5 мм, а зовнішній діаметр перегородок – менше внутрішнього діаметра кожуха на 1,5...3,0 мм. Зазор між кожухом і крайніми трубами пучка в зібраному апараті визначається за умовами міцності трубних дошок і становить близько $(0,65...0,7) \cdot d$, де d – зовнішній діаметр гладких труб або несучий діаметр оребрених труб.

Якщо не вжити заходів по ущільненню зазорів в апараті, то при обтіканні

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

пучка теплоносій у першу чергу буде потрапляти у зазори, так як у цьому місті гідравлічний опір менше, ніж при поперечному обтіканні труб. Таким чином, з'являються протікання теплоносія, тому інтенсивність тепловіддачі може знизитись на 30...45%.

Для запобігання шкідливих протікань крізь радіальні зазори, які можуть значно знизити перепад температур, роблять ущільнення трубного пучка.

Для підвищення жорсткості трубного пучка і потрібного дистанціювання поперечних перегородок використовують систему стяжних стрижнів і розпірок. Стрижні одним кінцем утвинчуються в трубну дошку, а іншим закріплюються в останній перегородці за допомогою контргайок. Між перегородками встановлюють розпірки.

4.2. Розрахунки теплообмінного апарата: теплові, гідравлічні, на міцність

Параметри теплоносіїв

Міжтрубний простір

$T_{1ex} = 5^{\circ}\text{C}$	температура холодної води на вході в підігрівач
$T_{1вих} = 65^{\circ}\text{C}$	температура холодної води на виході
$G_1 = 4\text{кг} / \text{с}$	витрата води
$z_1 = 5$	кількість ходів.

Всередині - трубний простір

$T_{2ex} = 95^{\circ}\text{C}$	температура гарячої води на вході
$T_{2вих} = 70^{\circ}\text{C}$	температура гарячої води на виході
$z_2 = 1$	кількість ходів

Тепловий розрахунок
Властивості теплоносіїв

Холодна вода

Властивості води розраховуються за апроксимаційними формулами або беруться з таблиць [15]:

середня температура $T_1 = \frac{T_{1вих} + T_{1вх}}{2}$

$T_1 = 35^{\circ}\text{C}$

питома теплоємність води $C_1 = 4,181 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

густина води $\rho_1 = 993,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

коефіцієнт теплопровідності води $\lambda_1 = 0,626 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$

коефіцієнт кінематичної в'язкості води $\nu_1 = 7,458 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Гаряча вода

Властивості води розраховуються за апроксимаційними формулами або беруться з таблиць:

середня температура води $T_2 = \frac{T_{2вих} + T_{2вх}}{2}$

$T_2 = 82,5^{\circ}\text{C}$

питома теплоємність води $C_2 = 4,198 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

густина води $\rho_2 = 971,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

коефіцієнт теплопровідності води $\lambda_2 = 0,678 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$

коефіцієнт кінематичної в'язкості води $\nu_2 = 3,567 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Температура стінки (початкове наближення, згодом уточняється)

$T_{cm} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad T_{cm} = 58,75^{\circ}\text{C}$

Трубки

Матеріал трубок вибирається на підставі рекомендацій [6,7]. Властивості матеріалів приведені в додатку 7. Обраний матеріал: нержавіюча сталь.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки трубок $\lambda_{cm} = 30 \frac{Вт}{м \cdot К}$

Параметри поверхні теплообміну

В якості поверхні теплообміну використовується пучок гладких трубок.

Діаметр труб і товщину стінок вибирають по рекомендаціях [1, 22] (Додаток 8):

зовнішній діаметр (прийнято)	$d_3 = 14 мм$
товщина стінки (прийнято)	$\delta_{cm} = 2 мм$
внутрішній діаметр	$d_{вн} = d_3 - 2 \cdot \delta_{cm} \quad d_{вн} = 14 - 4 = 10 мм$
середній діаметр	$d_{cp} = \frac{d_{вн} + d_3}{2} \quad d_{cp} = 12 мм$

За даними [15] і по таблицях додатка 1 обирається тип закріплення труб у трубних дошках і кроки між трубами в пучку (повздовжній s_1 і поперечний s_2). Нехай повздовжній і поперечний кроки рівні між собою ($s_1 = s_2 = s_t$).

Тоді приймаємо

$$s_t = 1,4 \cdot d_3 = 19,6 мм$$

Тепловий потік через поверхню теплообміну

$$Q_{то} = G_1 \cdot C_1 \cdot (T_{1вх} - T_{1вх}) = 1,003 \cdot 10^6 Вт$$

Витрата гарячої води

$$G_2 = \frac{Q_{то}}{C_2 \cdot (T_{2вх} - T_{2вх})} = 9,5 кг / с$$

Визначення середнього температурного перепаду між теплоносіями (за розрахунковими залежностями [16])

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

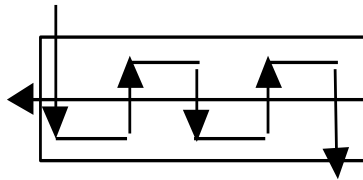


Схема руху середовищ - багаторазова
перехресна течія:
гарячий теплоносіє, (вода, 1 хід, тече по трубах)
не перемішується;
холодний теплоносіє (вода, 5 ходів, тече між
трубами) перемішується безупинно;
загальний напрямок - протиток.

Розрахунок по залежностях [16]

Водяні еквіваленти для теплоносіїв:

$$W_1 = G_1 \cdot C_1 \quad W_1 = 1,67 \cdot 10^4 \frac{Bm}{K}$$

$$W_2 = G_2 \cdot C_2 \quad W_2 = 3,98 \cdot 10^4 \frac{Bm}{K}$$

Максимальний і мінімальний водяні еквіваленти:

$$W_{\min} = \min(W_1, W_2) \quad W_{\min} = 1,67 \cdot 10^4 \frac{Bm}{K}$$

$$W_{\max} = \max(W_1, W_2) \quad W_{\max} = 3,98 \cdot 10^4 \frac{Bm}{K}$$

Зміна температур теплоносіїв:

$$\Delta T_1 = T_{1\text{вих}} - T_{1\text{вх}} \quad \Delta T_1 = 60^\circ C$$

$$\Delta T_2 = T_{2\text{вх}} - T_{2\text{вих}} \quad \Delta T_2 = 25^\circ C$$

Мінімальна зміна температур:

$$\Delta T_{\min} = \min(\Delta T_1, \Delta T_2) \quad \Delta T_{\min} = 25^\circ C$$

Допоміжні функції:

$$A = \frac{W_{\max}}{W_{\min}} \quad A = 2,4$$

$$R = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} \quad R = 0,42$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$P = \frac{\Delta T_{\min}}{T_{2ex} - T_{1ex}} \quad P = 0,278$$

$$p_e = 0,982 \quad (\text{див. додаток 3})$$

$$z_t = \sqrt{(A+1)^2 - 4 \cdot p_s \cdot A} \quad z_t = 1,46$$

Розраховуємо середній температурний перепад:

$$\Delta t_{cp} = \frac{z_t \cdot P \cdot R \cdot (T_{2ex} - T_{1ex})}{\ln \left[\frac{2 - P \cdot R \cdot [(A+1) - z_t]}{2 - P \cdot R \cdot [(A+1) + z_t]} \right]} \quad \Delta t_{cp} = 71,85^\circ\text{C}$$

За рекомендаціями [16] приймаємо швидкість гарячої води $w_2 = 1 \text{ м/с}$

Визначаємо основні конструктивні розміри теплообмінника

Кількість трубок у пучку, необхідних для проходу води (в одному ході теплоносія)

$$n_{1x} = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot w_2 \cdot \pi \cdot \frac{d_{вн}^2}{4}} \quad n_{1x} = 124,509$$

Кількість трубок у теплообміннику

$$n_{mp} = z_2 \cdot n_{1x} \quad n_{mp} = 124,509$$

Кількість трубок в одному ряді

$$n_{1p} = \sqrt{n_{mp}} \quad n_{1p} = 11,16$$

Призначаємо кількість труб в одному ряді:

для коридорного компонування труб $n_{1p} = 12$

Кількість рядів $n_{1p} = 12$

Кількість отворів у трубній дошці

$$n_0 = n_{1p} \cdot n_p \quad n_0 = 144$$

Уточнюємо кількість трубок у теплообміннику (з урахуванням того, що один отвір у центрі трубної дошки буде використовуватися під стяжний стрижень, на якому будуть кріпитися перегородки)

$$n_{mp} = n_0 - 1 \quad n_{mp} = 143$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Уточнюємо швидкість гарячої води в трубах

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot n_{mp} \cdot \pi \cdot \frac{d_{вн}^2}{4}} \quad w_2 = 0,87 \frac{м}{с}$$

Визначення діаметра корпусу [15]

Приймаємо коефіцієнт заповнення трубної дошки (0,7...0,95), $\eta_{mp} = 0,8$

$$\text{Діаметр гнізда трубок} \quad D = 1,05 \cdot s_t \cdot \sqrt{\frac{n_o}{\eta_{mp}}} \quad D = 0,276 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр корпусу повинний бути більше величини $D + d_s = 0,29$ на величину конструктивного зазору (60-180 мм).

Виходячи з цього в якості кожуха можна використати трубу з умовним діаметром 350 мм:

$$\text{зовнішній діаметр кожуха} \quad D_s = 360 \text{ мм}$$

$$\text{товщина стінки кожуха} \quad \delta_k = 6 \text{ мм}$$

$$\text{внутрішній діаметр кожуха} \quad D_0 = 345 \text{ мм}$$

Визначення коефіцієнту тепловіддачі води, що тече в середині трубок:

Число Рейнольдса

$$Re_2 = \frac{d_{вн} \cdot w_2}{\nu_2} \quad Re_2 = 2,439 \cdot 10^4$$

Оскільки $Re > 10\,000$, то режим течії теплоносія турбулентний

$$\text{Число Прантдля при температурі теплоносія} \quad Pr_2 = 2,15$$

Число Нуссельта для турбулентного режиму

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \quad Nu_2 = 94,406$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} \quad \alpha_2 = 6,401 \cdot 10^3 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Приймаємо швидкість води, що нагрівається у міжтрубному просторі при поперечному обтіканні трубок (початкове наближення): $w_1 = 0,309$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі води, що обтікає трубки зовні (поперечне обтікання пучка труб) [15]

Число Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{d_s \cdot w_1}{\nu_1} \quad Re_1 = 0,58 \cdot 10^4$$

Число Прантдля при температурі теплоносія (Додаток 6) $Pr_1 = 4,988$

Число Прантдля при температурі теплоносія рівній температурі стінки

$$Pr_{cm} = 3,063$$

Поправочний коефіцієнт, що залежить від кроку пучка (для коридорного пучка):

$$\varepsilon_s = \left(\frac{s_t}{d_s} \right)^{-0,15} \quad \varepsilon_s = 0,951$$

Коефіцієнт, що враховує турбулізацію потоку перед і-м рядом труб:

для першого ряду $\varepsilon_{n_1} = 0,6$

для другого ряду $\varepsilon_{n_2} = 0,9$

для третього і наступного рядів $\varepsilon_{n_i} = 1$

Коефіцієнти для критеріального рівняння тепловіддачі $C = 0,26 \quad n = 0,65$

1. Значення числа Нуссельта для кожного ряду:

$$Nu_{1_i} = C \cdot Re_1^n \cdot Pr_1^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \cdot (\varepsilon_n \cdot \varepsilon_s)$$

для першого ряду $Nu_{1_1} = 79,2$

для другого ряду $Nu_{1_2} = 118,7$

для третього і наступного рядів $Nu_{1_3} = 131,9$

Коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_3}$$

для першого ряду

$$\alpha_{1_1} = 3,541 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

для другого ряду

$$\alpha_{1_2} = 5,308 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

для третього і наступного рядів

$$\alpha_{1_3} = 5,898 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Середній коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб

$$\alpha_{1_{cp}} = \frac{\sum_i \alpha_{1_i}}{n_p} \quad \alpha_{1_{cp}} = 5,652 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до внутрішнього діаметру

$$k_{TA} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{d_{вн}}{2 \cdot \lambda_{ст}} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_{вн}}\right) + \frac{d_{вн}}{\alpha_{1_{cp}} \cdot d_3}} \quad k_{TA} = 2,959 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Необхідна поверхня теплообміну

$$F_{TA} = \frac{Q}{k_{TA} \cdot \Delta t_{cp}} \quad F_{TA} = 4,7 m^2$$

Поверхня теплообміну, що приходить на одну трубку

$$F_{TA1} = \frac{F_{TA}}{n_{mp}} \quad F_{TA1} = 0,033 m^2$$

Довжина трубки

$$L_{mp} = \frac{F_{TA1}}{\pi \cdot d_{вн}} \quad L_{mp} = 1,051 m$$

Довжина трубки між перегородками

$$L = \frac{L_{mp}}{z_1} \quad L = 0,210 m$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Перевірка швидкості води при обтіканні трубного пучка

Площа перетину для проходу води між трубками

$$S_1 = L \cdot (s_t - d_3) \cdot (n_{1p} - 1) \quad S_1 = 0,012936 \text{ м}^2$$

Уточнення швидкості води

$$w_1' = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S_1} \quad w_1' = 0,311 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{w_1' - w_1}{w_1} \cdot 100\% = -0,6\%$$

Температура стінки

Визначається з рішення рівняння теплового балансу

$$d_{\text{вн}} \cdot \alpha_2 \cdot (T_2 - T_{\text{см}}) - d_3 \cdot \alpha_{1\text{сп}} (T_{\text{см}} - T_1) = 0$$

Температура стінки

$$T_{\text{см}} = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \alpha_2 \cdot T_2 + d_3 \cdot \alpha_{1\text{сп}} \cdot T_1}{d_{\text{вн}} \cdot \alpha_2 + d_3 \cdot \alpha_{1\text{сп}}} \quad T_{\text{см}} = 56,24^\circ\text{C}$$

Порівнявши отримане значення температури стінки з прийнятим отримали розбіжність 4%

Патрубки для підводу і відводу гарячої води [15]

Швидкість води в патрубку $w_{2n} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Діаметр патрубка для підводу і відводу води

$$d_{2n} = \sqrt{\frac{G_2}{w_{2n} \cdot \rho_2 \cdot \frac{\pi}{4}}} \quad d_{2n} = 0,091 \text{ м}$$

За додатком підбираємо для патрубка трубу 95 x 3 мм

Патрубки для підводу і відводу холодної води [15]

Швидкість води в патрубку $w_{1n} = 1,5 \text{ м/с}$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр патрубку для підводу і відводу води

$$d_{1n} = \sqrt{\frac{G_1}{w_{1n} \cdot \rho_1 \cdot \frac{\pi}{4}}} \quad d_{1n} = 0,058 \text{ м}$$

За додатком підбираємо для патрубку трубу 60 x 3 мм

Гідравлічний розрахунок

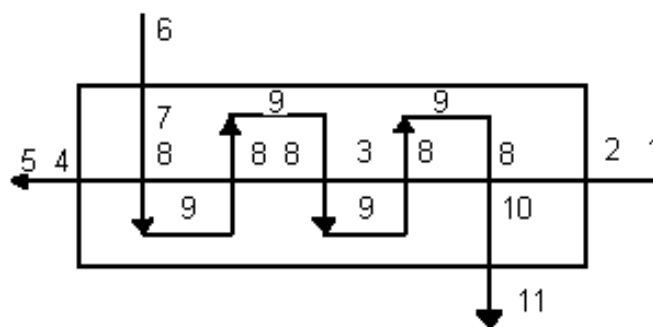


Рис. 4.1. Розрахункова схема для визначення втрат тиску у теплообмінному апараті

Визначення втрат напору гарячої води (рух у трубах).

Втрати на тертя при русі води в трубах [15]

Коефіцієнт опору тертю при русі води в трубах (при турбулентному русі рідини)

$$\xi_{mp2} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_2}} \quad \xi_{mp2} = 0,025$$

Втрати на тертя при русі води в трубках

$$\Delta P_{mp2} = \xi_{mp2} \cdot \frac{L_{mp}}{d_{вн}} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} \quad \Delta P_{mp2} = 0,966 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Втрати при вході і виході води з труб (т.2, 4):

$\xi_{ex2} = 1$ - коефіцієнт опору при вході і виході води з труб

$$\Delta P_{ex2} = \xi_{ex2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} \quad \Delta P_{ex2} = 367,6 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{vux2} = \Delta P_{ex2}$$

Втрати при русі води в патрубках і в середині кришок (т.1, 5):

$\xi_{nm2} = 1,5$ коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води

$$\Delta P_{n2} = \xi_{n2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_{2n}^2}{2} \quad \Delta P_{n2} = 1,639 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Сумарні втрати тиску при русі води

$$\Delta P_{\Sigma 2} = z_2 \cdot (\Delta P_{ex2} + \Delta P_{vux2} + \Delta P_{mp2}) + \Delta P_{n2} \cdot 2$$

$$\Delta P_{\Sigma 2} = 4,979 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Відносні втрати тиску

$$\Delta \frac{P_{\Sigma 2}}{P_2} \cdot 100\% = 4,915\%$$

Визначення втрат напору холодної води (рух у міжтрубному просторі)

Втрата напору на вході в міжтрубний простір:

$\xi_{1ex} = 1,5$ - коефіцієнт опору при вході в пучок (т.7)

$$\Delta P_{ex1} = \xi_{ex1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} \quad \Delta P_{ex1} = 71,2 \text{ Па}$$

Втрата напору на виході із міжтрубного простору:

$\xi_{1vux} = 1$ - коефіцієнт опору при виході з пучка (т.10)

$$\Delta P_{vux1} = \xi_{vux1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} \quad \Delta P_{vux1} = 47,4 \text{ Па}$$

Втрата напору на тертя при русі в міжтрубному просторі (т.8)

$$\xi_{1mp.m} = (4 + 6,6 \cdot n_{1p}) \text{Re}_1^{-0,28} \quad \xi_{1mp.m} = 7,322$$

$$\Delta P_{1_mp_m} = \xi_{1_mp_m} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} \quad \Delta P_{1mp.m} = 0,347 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Втрата напору на місцевий опір при русі в міжтрубному просторі (т.8)

$$\xi_{1mp.m} = 3 \cdot n_{1p} \cdot \text{Re}_1^{-0,2} \quad \xi_{1mp.m} = 6,372$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{1_{mp_m}} = \xi_{1_{mp_m}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} \quad \Delta P_{1_{mp_m}} = 302 \text{ Па}$$

Розрахунок втрати напору при обтіканні перегородок (т.9)

Висота вікна в перегородці

$$b_{nep} = \frac{D_0 - n_p \cdot s_t - d_3}{2} \quad b_{nep} = 0,048 \text{ м}$$

Центральний кут сегмента в перегородці

$$\psi_{nep} = 2 \cdot \arccos \left(\frac{\frac{D_0}{2} - b_{nep}}{\frac{D_0}{2}} \right)$$

$$\psi_{nep} = 87,4 \text{ град}$$

Площа вікна в перегородці (площа сегмента)

$$F_{nep} = \frac{(D_0 / 2)^2}{2} \cdot (\psi_{nep} - \sin(\psi_{nep})) \quad F_{nep} = 0,022 \text{ м}^2$$

Примітка. У цю формулу ψ_{nep} підставляється в радіанах $\psi_{nep} = 1,525$

Швидкість води при огинанні перегородок

$$w_{1p} = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot F_{nep}} \quad w_{1p} = 0,183 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Втрата напору при обтіканні перегородок (т.9)

Коефіцієнт опору — $\xi_{1np} = 1,5$

$$\Delta P_{1np} = \xi_{1np} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1p}^2}{2} (z_1 - 1) \quad \Delta P_{1np} = 0,099 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Втрати при русі води в патрубках, вхідній та вихідній камерах (т.6, 11)

$\xi_{nm1} = 1,5$ — коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води

$$\Delta P_{n1} = \xi_{n1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1n}^2}{2} \quad \Delta P_{n1} = 1,677 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Сумарні втрати при русі води в міжтрубному просторі

$$\Delta P_{\Sigma 1} = \Delta P_{1ax} + \Delta P_{1six} + 2\Delta P_{n1} + (\Delta P_{1mp_m} + \Delta P_{1mp_m}) z_1 + \Delta P_{1np}$$

$$\Delta P_{\Sigma 1} = 6,817 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Відносні втрати тиску

$$\Delta \frac{\Delta P_{\Sigma 1}}{P_1} \cdot 100\% = 6,7\%$$

Розрахунок корпусу на міцність

У розрахунку прийнято, що корпус навантажений тільки внутрішнім тиском теплоносія. Усі інші навантаження не враховуються.

Визначення припустимої напруги

Матеріал корпусу - Ст 20

З додатка

$$\sigma_B = 420 \text{ МПа} \quad k = 2,6 \quad \eta_k = 1$$

Допустиме напруження

$$\sigma_{\text{дон}} = \frac{\sigma_B}{K} \cdot \eta_k \quad \sigma_{\text{дон}} = 161,5 \text{ МПа}$$

Визначення збільшення товщини корпусу

Оскільки корпус виготовлений із труби, то величина збільшення c складає:

$$c = 1 \text{ мм}$$

При найбільшому мінусовому допуску 12,5% $A = 0,14$

$$c = A(\delta_k - c) \quad c = 0,7 \text{ м}$$

Визначення розрахункового коефіцієнта міцності:

коефіцієнт міцності зварених з'єднань

$$\varphi_{зв} = 1$$

коефіцієнт міцності поперечного звареного з'єднання при вигині $\varphi_u = 0,6$

$$\varphi = \min(\varphi_{зв}, \varphi_u) \quad \varphi = 0,6$$

Максимальний тиск, що може витримати корпус

$$P_{\text{max}} = \frac{2 \cdot (\delta_k - c) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{дон}}}{D_0 + (\delta_k - c)} \quad P_{\text{max}} = 2,93 \text{ МПа}$$

Максимальний тиск набагато більше робочого тиску, товщину корпусу збільшувати не потрібно.

Найбільший припустимий діаметр неукріпленого отвору в корпусі

$$\varphi_0 = \frac{p_1 \cdot [D_0 + (\delta_k - c)]}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{дон}} \cdot (\delta_k - c)} \quad \varphi_0 = 0,035$$

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$d_{\max} = 2 \cdot \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right) \cdot \sqrt{(D_0 + \delta_k) \cdot (\delta_k - c)} \quad d_{\max} = 2,378 \text{ м}$$

Діаметри отворів під патрубки набагато менше, ніж $d_{\max}$, отвори в корпусі можна не зміцнювати.

Теплообмінний апарат наведено у графічній частині.

4.3. Висновки за розділом

У Розділі 4 було виконано проєктування та розрахунок теплообмінного апарата, призначеного для передачі теплової енергії в системі тепlopостачання котеджу.

Для підігріву теплоносія системи опалення та води для гарячого водопостачання було обрано рекуперативний кожухотрубний теплообмінник. Даний тип апаратів є найбільш розповсюдженим завдяки своїй надійності та ефективності в муніципальній енергетиці.

Обраний апарат працює за принципом передачі тепла через стінку труб, що розділяють теплоносії, та може виготовлятися в різних конструктивних варіантах (жорсткої, напівжорсткої конструкції) залежно від умов експлуатації.

Для виготовлення корпусу теплообмінника обрано сталь марки Ст 20, що є оптимальним рішенням з точки зору міцності та економічної доцільності.

У розрахунках враховано коефіцієнт збільшення товщини корпусу на 1 мм для компенсації корозійних процесів, а також враховано технологічні допуски на виготовлення труб.

Перевірочний розрахунок підтвердив, що обрана товщина стінок корпусу забезпечує необхідний запас міцності. Встановлено, що максимальний тиск, який здатний витримати корпус, суттєво перевищує робочий тиск теплоносія, тому додаткове збільшення товщини корпусу не є необхідним.

Спроектований теплообмінний апарат забезпечує стабільне передавання теплової енергії між контурами, що є критично важливим для надійного функціонування індивідуального теплового пункту котеджу.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.05			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5			
Студент		Коренков О.О.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Інструкція з охорони праці при експлуатації котельної установки

1. Загальні вимоги безпеки

До експлуатації та обслуговування котла допускаються особи, які пройшли відповідне навчання та інструктаж з техніки безпеки.

Персонал повинен бути ознайомлений з принципами роботи автоматизації, оскільки сучасні котли мають складні функції програмованого регулювання та зниження потужності в економному режимі.

Обладнання повинно утримуватися в чистоті, а доступ до запірної арматури та приладів контролю має бути вільним.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед запуском необхідно перевірити герметичність усіх з'єднань трубопроводів та корпусів обладнання.

Слід переконатися у справності розширювального бака (наприклад, Aquasystem VR), оскільки він є критично важливим для компенсації об'єму теплоносія при нагріванні та запобігання руйнуванню системи.

Необхідно перевірити наявність води в системі та тиск за допомогою манометрів.

3. Вимоги безпеки під час роботи

Забороняється експлуатувати котел при тиску, що перевищує розрахункові норми для корпусу теплообмінника або трубопроводів.

Необхідно контролювати температуру теплоносія; слід пам'ятати, що при нагріванні рідина розширюється приблизно на 0,3% на кожні 10°C.

Забороняється самостійно втручатися в роботу автоматики та вузлів обліку енергоносіїв.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виявлення витoku газу або теплоносія необхідно негайно припинити подачу палива та знеструмити обладнання.

При виникненні сторонніх шумів, вібрацій або різкому зростанні тиску в теплообміннику (вище робочих параметрів) котел має бути зупинений для перевірки міцності зварних з'єднань та цілісності корпусу.

Якщо система опалення втратила герметичність, слід перекрити відповідні контури на розподільчому колекторі.

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після вимкнення котла необхідно провести візуальний огляд на предмет відсутності протікань.

Слід зафіксувати показники лічильників для контролю витрат енергоресурсів.

У разі проведення технічного обслуговування корпусів із вуглецевої сталі (наприклад, марки Ст 20) слід звертати увагу на ознаки корозії, враховуючи передбачений розрахунковий запас товщини стінки.

5.2. Інструкція з техніки безпеки при експлуатації системи водяної теплої підлоги

1. Загальні положення

До експлуатації системи допускаються особи, які ознайомлені з розташуванням розподільчих колекторів та запірної арматури.

Обслуговування насосно-змішувальних вузлів та заміна теплоносія повинні проводитися кваліфікованим персоналом.

Опалювальна поверхня підлоги не повинна захищатися меблями без ніжок або килимами на гумовій основі, що може призвести до локального перегріву та порушення теплового балансу.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2. Заходи безпеки під час пусконаладжувальних робіт

Перший запуск системи після літнього періоду або монтажу має проводитися плавно. Початкова температура теплоносія не повинна перевищувати 20–25°C, з поступовим підвищенням на 5°C на добу.

Перед запуску необхідно перевірити відсутність повітряних пробок у контурах через автоматичні або ручні повітровідвідники на колекторі.

Максимальна температура теплоносія на вході в систему не повинна перевищувати 55°C (згідно з ДБН), щоб запобігти термічній деформації стяжки та пошкодженню полімерних труб.

3. Безпека при експлуатації та технічному обслуговуванні

Необхідно регулярно контролювати тиск у системі за манометром на колекторі. Різке падіння тиску може свідчити про розгерметизацію одного з контурів.

Категорично забороняється проводити будь-які роботи, пов'язані з механічним впливом на підлогу (свердління, забивання дюбелів, штроблення) без наявності точної схеми укладання труб. Пошкодження труби під тиском може призвести до затоплення приміщення та опіків (якщо теплоносіє гарячий).

У разі використання вузлів підмішування з електричними сервоприводами, слід забезпечити захист електричних частин від потрапляння вологи та конденсату.

4. Попередження аварійних ситуацій

При виявленні вологи на поверхні підлоги або стін у місцях проходження магістралей, необхідно негайно перекрити відповідний контур на розподільчому колекторі.

Забороняється експлуатація системи при несправному циркуляційному насосі або заблокованому змішувальному клапані, оскільки це може призвести до подачі перегрітого теплоносія безпосередньо в контури підлоги.

У зимовий період, у разі тривалої зупинки опалення в неопалюваному будинку, необхідно повністю злити воду з усіх контурів або використовувати антифриз для запобігання розриву труб при замерзанні.

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.05</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблена система теплопостачання двоповерхового котеджу загальною площею 700 м².

Система опалення прийнята двотрубна, горизонтальна, з нижньою роздачею. У якості опалювальних приладів прийнято сталеві радіатори Kermi FKO11-500-1100, так як вони найбільше відповідають санітарно-гігієнічним нормам.

Розроблена система опалення дозволяє автоматично підтримувати температуру повітря в приміщенні за рахунок датчиків кімнатної температури. Ці датчики, встановлювані в окремій кімнаті, здійснюють вимірювання температури повітря, керують роботою котла. Подібний підхід до регулювання автономного опалення дозволяє досягати її найбільшої ефективності, комфорту, а також економії теплоносія.

Розглянуті системи водяної теплої підлоги, їх конструктивні особливості і склад систем. Розроблено систему «теплої підлоги», що створює комфортні умови проживання у даному котеджі, виконаний гідравлічний розрахунок «теплої підлоги». Обирано бетонну систему водяної теплої підлоги металопластикових труб схема укладання теплої підлоги "змійка". З метою забезпечення ремонтпридатності теплої підлоги і швидкої заміни змійовиків без порушення зтяжки пропонується виконувати монтаж змійовиків у піщані виїмки у бетонній плиті, а для покращення експлуатації «теплої підлоги» на колекторах встановлюються автоматичні повітроспускники.

Розроблено конструкцію кожухотрубного теплообмінного апарата, який використовуються для підігріву теплоносія системи опалення котеджу від теплоносія централізованої мережі, а також для підігріву води у системі гарячого водопостачання.

Розроблені інструкції з охорони праці, які враховують особливості експлуатації сучасних газових котлів, систем теплої підлоги та теплообмінних апаратів.

					КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5. Вимоги після закінчення опалювального сезону

Після завершення сезону рекомендується промити систему та перевірити стан фільтрів грубої очистки.

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.05</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бедрій Я. І. Охорона праці : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2002. 322 с.
2. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf
3. Буд А. Ф., Колодяжний В. В. Розрахунок та проектування систем вентиляції та кондиціонування повітря. Київ : ТОВ «Вент-сервіс», 2014. 344 с.
4. Глушко Ю. Ю. Опалення : навч. посіб. 2019 рік. Автор-упорядник: Глушко Ю. Ю., над навч. посіб. працювали: Безпалько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С.М., Гусев П.С., Заседателев І. В., Лебедєв С. О., Сашко В. О., Семироз М. В., Терещенко Т. М., Черниш В. В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf> 34
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
6. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiyabudivel.pdf>
7. Джерела та системи теплопостачання і основи їх проектування [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр» / укладач Кузнецова С.А.: НУК. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.3 Мбайт). Миколаїв : НУК, 2022. 105 с.
8. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики [Електронний ре-

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

сурс]. – Режим доступу: http://www.mathcentre.com.ua/download/dstu_en_15251-2011.pdf

9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf>

10. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропрони-кності огорожувальних конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183

11. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опален-ня. Київ: П ДП «Такі справи», 2003. 176 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://devi.rv.ua/data/files/books/otopl/cf3971d30ca2ac9d31a84e7e8585e0a8.pdf>

12. Зайцев О.М., Любарець О.П. Проектування систем опалення. Відень, 2008. 201 с.

13. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С. А. Проектування систем водяного опалення : навч. посіб.. Миколаїв : НУК, 2010. 68 с.

14. Сашко В. О. Труби та арматура : навч. посіб. 2019. Автори-упорядники: Сашко В.О., Терещенко Т.М. Над навчальним посібником також працювали: Без-палько Н.О., Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Пеховка М.В., Черниш В.В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/3trubi-ta-armatura.pdf>.

15. Теплообмінні апарати : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенер-гетика» / С.М. Анастасенко, В.В. Жигуліна, М.М. Семенов, Д.М. Соломонюк, Ю.О. Шаповалов, І.А. Швець, О.В. Шостак. Первомайськ : НУК; Львів : Вид-во «Новий Світ2000», 2023. 216 с.

16. Волошин С.А. Променисті кліматичні системи. Особливості проектування // АВОК № 2, 2013 р.

17. Посібник для проектування систем підлогового опалення. [Електронний ре-сурс]. – Режим доступу: https://herz.ua/wp-content/uploads/floor_heat.pdf

					<i>КРБ.144.4247.02.05.ПЗ.00</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		